

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**"INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ
SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL Y LA
CONSISTENCIA EN UN CONCRETO DE $F'c=210\text{kg/cm}^2$ "**

PRESENTADO POR:

Br. DANIEL CHERRE SEMINARIO

Br. IRVIN ROMAÍN SANDOVAL VARGAS

ASESOR:

Mg. Ing°. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y URBANISMO

SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CONSTRUCCIÓN

PIURA - PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



Facultad de Ingeniería Civil

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**“INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ SOBRE
LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL Y LA
CONSISTENCIA EN UN CONCRETO DE $F'_c=210\text{kg/cm}^2$ ”**

Presentado por:

**Br. DANIEL, CHERRE SEMINARIO
Br. IRVIN ROMAÍN, SANDOVAL VARGAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL.**

Línea de investigación: Ingeniería Civil, Arquitectura y Urbanismo

Sub línea de investigación: Construcción

Piura, Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



Facultad de Ingeniería Civil

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**“INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ SOBRE
LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL Y LA CONSISTENCIA
EN UN CONCRETO DE $F'c=210\text{kg/cm}^2$ ”**

Línea de investigación: Ingeniería Civil, Arquitectura y Urbanismo

Sub línea de investigación: Construcción

**LOS SUSCRITOS DECLARAMOS QUE EL PRESENTE TRABAJO
DE INVESTIGACIÓN ES ORIGINAL, EN CONTENIDO Y FORMA.**


Br. DANIEL CHERRE SEMINARIO
AUTOR


Br. IRVIN ROMAIN SANDOVAL VARGAS
AUTOR


Mg. Ing. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO
ASESOR

DECLARACIÓN JURADA

DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo: Daniel Cherre Seminario identificado con DNI N° 46212765, bachiller de Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil, y domiciliado en Calle Comercio N°837, del Distrito de Catacaos, Provincia de Piura, Departamento de Piura, con Celular: 996832959, Email: danielchs_2889@hotmail.com.

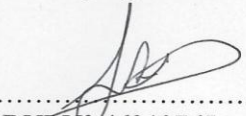
Yo: Irvin Romafn Sandoval Vargas identificado con DNI N° 45379300, bachiller de Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil, y domiciliado en Jirón Bolívar N°296, del Distrito de Buenos Aires, Provincia de Morropón, Departamento de Piura, con Celular: 948264651, Email: Irvin_sv@hotmail.com.

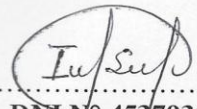
DECLARO BAJO JURAMENTO: que el trabajo de investigación que presento, es original e inédito no siendo copia parcial ni total de un trabajo de investigación desarrollado, y/o realizado en el Perú o en el extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. N° 32 de la Ley N° 27444, y Ley del procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.



Piura, Agosto de 2019


.....
DNI N° 46212765


.....
DNI N° 45379300

Artículo N° 411.- El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción establecida por la ley, será reprimido con pena privativa de libertad, no menor de uno ni mayor de cuatro años.

Art. 4.- Inciso 4.12 del Reglamento de Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



CONFORMIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

EL JURADO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DENOMINADO:

**“INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ SOBRE
LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL Y LA CONSISTENCIA
EN UN CONCRETO DE $F'c=210\text{kg/cm}^2$ ”**

Línea de Investigación Institucional: Ingeniería Civil, Arquitectura y Urbanismo
Sub Línea de Investigación: Construcción

ES APROBADO EN CONTENIDO Y FORMA, POR:



DR. Ing. EDWIN OMAR VENCES MARTÍNEZ
PRESIDENTE



Mg. Ing. ROSARIO CHUMACERO CORDOVA
SECRETARIO



Ing. LUIS ALBERTO BENITES AVALOS
VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Dirección de la Unidad de Investigación
Mg. Ing. Carlos Javier Silva Castillo



ACTA DE EVALUACIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

Los miembros del jurado calificador del informe de investigación denominado "INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO DE $F'c=210\text{kg/cm}^2$ ", presentado por los bachilleres SANDOVAL VARGAS IRVIN ROMAIN Y CHERRE SEMINARIO DANIEL, participante del Programa de Actualización para Titulación Profesional en la Especialidad de Ingeniería Civil Versión XVII 2019, asesorado por la Mg. Ing. Carlos Javier Silva Castillo. Revisado y absueltas las observaciones formuladas por el jurado calificador, lo declaran:

Aprobado

Con la nota:

Dr. Ing. EDWIN OMAR VENCES MARTÍNEZ

16

Mg Ing. ROSARIO CHUMACERO CORDOVA

16

Ing. LUIS ALBERTO BENITES AVALOS

16

Piura, 12 de agosto de 2019

Dr. Ing. EDWIN OMAR VENCES MARTÍNEZ
PRESIDENTE-JURADO CALIFICADOR

Mg Ing. ROSARIO CHUMACERO CORDOVA
SECRETARIO-JURADO CALIFICADOR

Ing. LUIS ALBERTO BENITES AVALOS
VOCAL-JURADO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mi familia en especial a mis padres Romaín y Martha por estar siempre conmigo, por todo el apoyo, el esfuerzo y el sacrificio que han hecho para que pueda salir adelante.

A mis hijos Liam y Vida y a mi querida esposa Yosemite por ser en conjunto la estructura más importante de mi vida, el motivo y la fuerza necesaria que me impulsa a seguir adelante.

A mí querida tía Fanny por todas sus enseñanzas, sus consejos, su cariño y haber confiado en mí en todo momento.

IRVIN ROMAÍN SANDOVAL VARGAS

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida. Por ser la luz incondicional que guía mi camino. Por darme la fortaleza necesaria y permitirme llegar a este momento tan importante en mi formación profesional.

A mis padres Calixto y Luz Elena que con su amor, comprensión y apoyo incondicional permitieron que logre culminar mi carrera profesional. Por estar conmigo en todo momento dándome la motivación necesaria para seguir con mis proyectos planteados. Por los consejos, valores y principios que me han inculcado durante toda mi existencia.

DANIEL CHERRE SEMINARIO

AGRADECIMIENTOS

A Dios por bendecirnos y por habernos ayudado a cumplir con este arduo trabajo.

A nuestros familiares por todo el apoyo que nos han brindado

A nuestro asesor el Ing. Carlos Silva Castillo por la dedicación y el apoyo que nos ha brindado durante la ejecución de este trabajo de investigación, por el respeto a nuestras sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida.

A la Ing. Adela Soledad Augusto Vélchez por su atención y orientación a nuestras consultas, por la revisión cuidadosa que realizó a este texto y sus valiosas sugerencias en momentos de duda.

A nuestra alma mater, Universidad Nacional de Piura y en especial a la Escuela profesional de Ingeniería Civil, por habernos dado la oportunidad de conocer este maravilloso mundo de la ingeniería y ejercerla para el desarrollo de nuestro país.

Al personal técnico que trabaja en el laboratorio de ensayos de materiales de la Universidad Nacional de Piura por el apoyo brindado en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

ÍNDICES

Índice General

DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
Índice General	ix
Índice de tablas	xiii
Índice de gráficos.....	xv
Índice de figuras.....	xvi
Índice de anexos.....	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA.....	3
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.2. BASES TEÓRICAS.....	6
2.2.1. Concreto.....	6
2.2.1.1. Definición	6
2.2.1.2. Componentes del concreto.....	6
2.2.2. Cemento	6
2.2.3. Agua de mezcla.....	11
2.2.4. Agregados	12
2.2.4.1. Clasificación de los agregados.....	12
2.2.4.2. Propiedades físicas de los agregados	13
2.2.5. Propiedades del concreto	17

2.2.5.1. Propiedades del concreto en estado fresco.....	17
2.2.5.2. Propiedades del concreto en estado endurecido.....	18
2.2.6. Rastrojo de maíz.	20
2.2.6.1. Definición del rastrojo de maíz.....	20
2.2.6.2. Partes del rastrojo de maíz	20
2.2.6.3. Composición mineralógica de las muestras de maíz	22
2.2.7. Cenizas.....	22
2.2.7.1. Ceniza de rastrojo de maíz.....	22
2.2.8. Diseño de mezclas	23
2.2.8.1. Definición	23
2.2.8.2. Método ACI-211	23
2.2.8.3. Pasos para la elaboración del diseño de mezclas	23
2.3. GLOSARIO DE TERMINOS BÁSICOS	28
2.4. HIPÓTESIS.....	29
2.5. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	30
CAPÍTULO III.....	31
MARCO METODOLÓGICO.....	31
3.1 ENFOQUE Y DISEÑO	31
3.1.1. Enfoque.....	31
3.1.2. Diseño	31
3.2 SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.2.1. Población.....	31
3.2.2. Muestra	31
3.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	32
3.3.1. Proceso de obtención de la ceniza de rastrojo de maíz	32
3.3.2. Análisis granulométrico – Módulo de fineza (NTP 400.012).....	32
3.3.2.1. Equipos y materiales	32
3.3.2.2. Procedimiento.....	33
3.3.2.3. Toma y procesamiento de datos	33
3.3.3. Peso unitario seco suelto y compactado (NTP 400.017).	36
3.3.3.1. Equipos y materiales	36
3.3.3.2. Procedimiento	36
3.3.3.3. Toma y Procesamiento de datos.....	36
3.3.4. Contenido de humedad.	38
3.3.4.1. Equipos y materiales.....	38
3.3.4.2. Procedimiento	38
3.3.4.3. Toma y Procesamiento de datos	38

3.3.5. Peso específico y porcentaje de absorción - Agregado fino.	39
3.3.7.1. Equipos y materiales.....	39
3.3.7.2. Procedimiento	39
3.3.7.3. Toma y procesamiento de datos.....	40
3.3.6. Peso específico y porcentaje de absorción - Agregado grueso.	40
3.3.6.1. Equipos y materiales.....	40
3.3.6.2. Procedimiento	40
3.3.6.3. Toma y Procesamiento de datos	41
3.3.7. Diseño de mezclas	41
3.3.10.3. Caracterización de los elementos componentes del concreto	41
3.3.10.4. Procedimiento	42
3.3.10.5. Dosificación en peso.....	46
3.3.8. Elaboración de las probetas de concreto tradicional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	47
3.3.9. Elaboración de probetas de concreto adicionado con cenizas	48
3.3.10. Asentamiento del concreto.....	48
3.3.10.1. Equipos y herramientas.....	48
3.3.10.2. Procedimiento	48
3.3.11. Resistencia a la Compresión del concreto	49
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	49
CAPÍTULO VI	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO.....	50
4.2. MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	51
4.2.1 Medición de la resistencia a la compresión del concreto patrón.....	51
4.2.2 Medición de la resistencia a la compresión del concreto sustituido con el 3.0 % de cenizas de rastrojo de maíz.....	52
4.2.3 Medición de la resistencia a la compresión del concreto sustituido con el 5.0 % de cenizas de rastrojo de maíz.....	53
4.2.4 Medición de la resistencia a la compresión del concreto sustituido con el 8.0 % de cenizas de rastrojo de maíz.....	54
4.3. RESISTENCIA PROMEDIO DEL CONCRETO PATRÓN.	55
4.4. ANALISIS COMPARATIVO	56
4.4.1. Comparación de la resistencia a la compresión entre el concreto patrón y el concreto sustituido con 3.0 % de CRM.....	56
4.4.2. Comparación de la resistencia a la compresión entre el concreto patrón y el concreto sustituido con 5.0% de CRM.....	58
4.4.3. Comparación de la resistencia a la compresión entre el concreto patrón y el concreto sustituido con 8.0% de CRM.....	58
4.4.4. Comparación general	59

4.5. DISCUSIÓN	60
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXOS	64
ANEXO 1: Matriz General de Consistencia.....	65
ANEXO 2 : Diseño de Mezclas - concreto $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	66
ANEXO 3 : Informe de rotura de probetas.....	69
ANEXO 4 : Panel fotográfico.....	81

Índice de tablas

Tabla 2.1. Compuestos químicos en la fabricación del Clinker de cemento Portland.....	7
Tabla 2.2. Materias primas usadas en la fabricación de cemento portland.....	8
Tabla 2.3. Empresas productoras de cemento en el Perú.....	10
Tabla 2.4. Requisitos químicos obligatorios del cemento Portland.....	10
Tabla 2.5. Requisitos físicos obligatorios del cemento Portland.....	11
Tabla 2.6. Porcentajes que pasa por los tamices normalizados – Agregado fino.....	14
Tabla 2.7. Porcentajes que pasa por los tamices normalizados-Agregado Grueso.....	15
Tabla 2.8. Circunstancias que afectan la durabilidad.....	20
Tabla 2.9. Componentes minerales mayoritarios (xxx), secundarios (xx) y minoritarios o posibles (x) en las muestras de maíz.....	22
Tabla 2.10. Composición química de la ceniza de rastrojo de maíz.....	22
Tabla 2.11. Componentes minerales mayoritarios (xxx), secundarios (xx) y minoritarios o posibles (x) en las muestras de maíz.....	23
Tabla 2.12. Determinación de la resistencia promedio conociendo la desviación estándar.....	24
Tabla 2.13. Determinación de la resistencia promedio sin desviación estándar.....	24
Tabla 2.14. Asentamiento del concreto.....	24
Tabla 2.15. Contenido de aire atrapado en función al tamaño máximo nominal.....	25
Tabla 2.16. Volumen unitario de agua en función al asentamiento, tamaño máximo nominal y aire incorporado.....	25
Tabla 2.17. Relación agua- cemento a/c en función de la resistencia a la compresión promedio y el contenido de aire atrapado.....	26
Tabla 2.18. Factores para determinar el volumen de agregado grueso en función del módulo de fineza y del tamaño máximo nominal (TMN).....	27
Tabla 3.1. Distribución de las muestras a ensayar.....	31
Tabla 3.2 Tamices estandarizados para análisis granulométrico del agregado fino.....	32
Tabla 3.3 Tamices estandarizados para análisis granulométrico del agregado grueso.....	33
Tabla 3.4. Granulometría - Agregado fino.....	33
Tabla 3.5. Granulometría-Agregado grueso.....	34
Tabla 3.6. Módulo de fineza.....	35
Tabla 3.7. Peso unitario suelto seco (PUSS) - Agregado grueso.....	36
Tabla 3.8. Peso unitario suelto seco (PUSS) - Agregado fino.....	37
Tabla 3.9. Peso unitario compactado seco (PUCS) - Agregado grueso.....	37
Tabla 3.10. Peso unitario compactado seco (PUCS) - Agregado fino.....	37
Tabla 3.11. Contenido de humedad - Agregado fino.....	38
Tabla 3.12. Contenido de humedad - Agregado grueso.....	38
Tabla 3.13. Peso específico y Absorción - Agregado fino.....	40
Tabla 3.14. Peso específico y Absorción - Agregado grueso.....	41
Tabla 3.15. Características físicas de los agregados para el diseño de mezclas.....	41
Tabla 3.16. Tipo y peso específico del cemento.....	42
Tabla 3.17. Peso específico del agua de mezcla.....	42
Tabla 3.18. Cálculo de la Resistencia promedio f'_{cr}	42
Tabla 3.19. Cálculo del volumen de cemento.....	43
Tabla 3.20. Cálculo del volumen de agregado grueso.....	44
Tabla 3.21: Cálculo del volumen de agregado fino.....	44
Tabla 3.22. Peso de los componentes de la mezcla del concreto patrón.....	45
Tabla 3.23. Corrección por humedad de los agregados.....	45
Tabla 3.24. Cálculo del agua final de mezcla.....	45

Tabla 3.25. Dosificación final por 1 M3 de concreto.	46
Tabla 3.26. Dosificación en peso y volumen para una probeta de concreto patrón.	46
Tabla 3.27. Dosificación para el 3.0% de ceniza de rastrojo de maíz en Kg.	46
Tabla 3.28. Dosificación para el 5.0% de ceniza de rastrojo de maíz en Kg.	47
Tabla 3.29. Dosificación para el 8.0% de ceniza de rastrojo de maíz en Kg.	47
Tabla 4.1. Medición del asentamiento "Slump".	50
Tabla 4.2. Resistencia a la compresión del concreto patrón a los 7 días.	51
Tabla 4.3. Resistencia a la compresión del concreto patrón a los 14 días.	51
Tabla 4.4. Resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días.	51
Tabla 4.5. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 3.0% de CRM a los 7 días.	52
Tabla 4.6. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 3.0% de CRM a los 14 días.	52
Tabla 4.7. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 3.0% de CRM a los 28 días.	52
Tabla 4.8. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 5.0% de CRM a los 7 días.	53
Tabla 4.9. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 5.0% de CRM a los 14 días.	53
Tabla 4.10. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 5.0% de CRM a los 28 días.	53
Tabla 4.11. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 8.0% de CRM a los 7 días.	54
Tabla 4.12. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 8.0% de CRM a los 14 días.	54
Tabla 4.13. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 8.0% de CRM a los 28 días.	54
Tabla 4.14. Resistencia a la compresión del concreto patrón.	55
Tabla 4.15 Resistencia promedio de las probetas patrón y de las probetas sustituidas al 3.0% de CRM.	56
Tabla 4.16. Resistencias promedio de las probetas patrón y de las probetas sustituidas al 5.0% de CRM.	56
Tabla 4.17. Resistencia promedio de las probetas patrón y de las probetas sustituidas al 8.0% de CRM	58
Tabla 4.18. Resistencia a la compresión de las probetas patrón y de las probetas sustituidas al 3.0% 5.0% y 8.0% con CRM.	59

Índice de gráficos

Gráfico 4.1. Ensayo de Asentamiento mediante el cono de Abrams.	50
Gráfico 4.2. Curva de resistencia vs tiempo del concreto patrón.	55
Gráfico 4.3. Comparación de la resistencia a la compresión entre el concreto patrón y el concreto sustituido al 3.0% de CRM.	57
Gráfico 4.4. Comparación de la resistencia a la compresión entre el concreto patrón y el concreto sustituido al 5.0% de CRM.	57
Gráfico 4.5. Comparación de la resistencia a la compresión entre el concreto patrón y el concreto sustituido al 8.0% de CRM	58
Gráfico 4.6. Comparativo general entre la resistencia a compresión del concreto patrón y los concretos sustituidos al 3.0%, 5.0% y 8.0% de CRM.	59

Índice de figuras

Figura 2.1. Clinker.....	8
Figura 2.2. Proceso de fabricación de cemento.	9
Figura 2.3. Curva granulométrica de agregado fino.....	14
Figura 2.4. Dimensiones de la muestra cilíndrica.....	19
Figura 2.5. Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto en función del tipo de cemento.....	19
.....	19
Figura 2.6. Partes de la planta de maíz.	21
Figura 3.1. Rastrojo de maíz en estado seco.....	81
Figura 3.2. Horno Artesanal en el que se realizó el proceso de calcinación del rastrojo de maíz.	81
Figura 3.3. Resultado final del proceso de calcinación.....	82
Figura 3.4. Trituración manual de la ceniza.	82
Figura 3.7 Gradación del agregado grueso.	83
Figura 3.8. Peso unitario suelto seco (PUSS) del agregado grueso.....	84
Figura 3.9. Proceso de compactación para determinar el peso unitario compactado seco del agregado grueso (PUCS).	84
Figura 3.10. Peso de la tara más muestra húmeda - Agregado fino.....	85
Figura 3.11. Proceso para determinar si la muestra se encuentra en estado saturado superficialmente seco.	85
Figura 3.12. Componentes a utilizar para el proceso de mezclado.....	86
Figura 3.13. Colocación de los componentes dentro de la mezcladora de concreto.....	86
Figura 3.14. Proceso de compactación por cada capa de concreto colocada.	87
Figura 3.15. Probetas de concreto elaboradas.....	87
Figura 3.16. Proceso de chuzado durante el ensayo de asentamiento.	88
Figura 3.17. Medición del asentamiento utilizando el cono de Abrams.	88

Índice de anexos

ANEXO 1 : Matriz General de Consistencia.....	65
ANEXO 2 : Diseño de Mezclas - concreto $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$	66
ANEXO 3 : Informe de rotura de probetas	69
ANEXO 4 : Panel fotográfico.....	81

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad determinar la influencia que se tiene sobre los parámetros de resistencia a la compresión y el asentamiento (slump) del concreto al sustituir el cemento en determinados porcentajes por cenizas de rastrojo de maíz (CRM) en una mezcla de concreto de calidad $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. Los porcentajes de sustitución que se consideraron fueron del 3.0%, 5.0% y 8.0% con respecto a la masa del cemento.

Para el ensayo de resistencia a la compresión se elaboraron 9 probetas por cada tipo de concreto a analizar, obteniendo un total de 36 muestras, las cuales fueron ensayadas de forma equitativa a los 7, 14 y 28 días después de iniciado el curado. Con respecto al ensayo de asentamiento, este se realizó dos veces por cada tipo de mezcla elaborada, es decir se ejecutaron un total de 8 ensayos para determinar el slump.

Las muestras estuvieron conformadas por probetas circulares de concreto con dimensiones de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro, las cuales fueron elaboradas con cemento Portland “Fortimax – antisalitre” de la marca Pacasmayo, agregados fino y grueso provenientes de las canteras de “Cerro Mocho”, y “Sojo” respectivamente, agua potable y cenizas de rastrojo de maíz. El rastrojo de maíz se obtuvo de desechos agrícolas provenientes de la provincia de Morropón.

En base a los resultados obtenidos se concluyó que se genera un aumento en la resistencia a la compresión al sustituir cenizas de rastrojo de maíz en los porcentajes analizados. Sin embargo este aumento no se genera de manera directamente proporcional, por lo que la mayor resistencia se obtuvo con el 3.0 %. Asimismo se determinó que a mayor sustitución de ceniza menor fue el asentamiento generado, siendo esto un inconveniente para la trabajabilidad de la mezcla en estado fresco.

PALABRAS CLAVE: CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ASENTAMIENTO.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determinate the influence on the parameters of compressive strength and slump of concrete by replacing the cement in certain percentages with corn stubble ash (CRM) in a mixture of quality concrete $f'c = 210 \text{ Kg / cm}^2$. The percentages of substitution that were considered were 3.0%, 5.0% and 8.0% with respect to the cement mass.

For the compression resistance test, 9 specimens were prepared for each type of concrete to be analyzed, obtaining a total of 36 samples, which were tested equally at 7, 14 and 28 days after curing started. With respect to the settlement test, this was done twice for each type of elaborated mixture, that is, a total of 8 tests were performed to determine the slump.

The samples consisted of circular concrete specimens with dimensions of 30 cm in height and 15 cm in diameter, which were made with Portland cement "Fortimax - antisalitre" Pacasmayo brand, fine and coarse aggregates from the quarries of "Cerro Mocho ", and" Sojo "respectively, drinking water and ashes from corn stubble. The corn stover was obtained from agricultural waste from the Morropón province.

Based on the results obtained, it was concluded that an increase in compressive strength is generated when corn stubble ash is substituted in the percentages analyzed. However, this increase is not generated directly proportional, so the highest resistance was obtained with 3.0%. Likewise, it was determined that the greater the substitution of the lower ash was the settlement generated, this being an inconvenience for the workability of the mixture in its fresh state.

KEY WORDS: CORN STOVER ASH, RESISTANCE TO COMPRESSION AND SLUMP

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el concreto es el elemento más usado en el ámbito mundial para la construcción, lo que conlleva a la evolución de las exigencias para su uso. Los ingenieros hemos llegado a tomar plena conciencia del rol determinante que juega el concreto en el desarrollo nacional (Arapa, s.f.).

Las nuevas tendencias para la elaboración del concreto se enfocan fundamentalmente en la obtención de materiales más sustentables, más durables y de alto desempeño que cumplan ciertas especificaciones técnicas que exigen las normas. Hoy en día se está pensando en la reutilización de materiales industriales como también de los desechos agrícolas, biomásas que a través de ellos podemos generar energía pero al hacerlo también se generan otros tipos de desecho adicional, como la ceniza, materia prima para producir cemento, o bien como material adicional al cemento con lo que se puede lograr algún concreto más sustentable (Benítez, 2015).

Es sabido a través de distintas investigaciones que el contenido de sílice de las cenizas procedentes de la combustión de residuos agrícolas puede conferir propiedades puzolánicas. Este estudio preliminar abre las puertas al uso de la ceniza de rastrojo de maíz en ámbitos rurales para la elaboración de materiales alternativos. El rastrojo de maíz es el residuo proveniente de la recolección del cereal, el volumen producido no es despreciable y sometido a la combustión genera una ceniza que podría reemplazar parcialmente al cemento portland en morteros y concretos, resolviendo de esta manera la gestión del residuo y disminuyendo el consumo de cemento portland el cual es un material muy costoso en los países en vías de desarrollo, y cuya producción genera grandes cantidades de gases de efecto invernadero (Escalera, et al., 2008).

Las cenizas son conocidas por sus beneficios en términos de resistencia en mezclas de concreto; también la ceniza de rastrojo de maíz se considera como un material puzolánico; ya que posee un alto contenido de óxido de sílice y óxido de aluminio, los cuales junto con el hidróxido de calcio generan un material cementante (Rivva, 2010).

El presente trabajo de investigación consistió en realizar ensayos de laboratorio para determinar la resistencia a la compresión axial y el asentamiento a muestras de concreto que fueron sustituidas con cenizas de rastrojo de maíz en porcentajes de 3.0%, 5.0% y 8.0%, respecto a la masa del cemento y observar como varían los resultados de estos concretos con respecto a un concreto patrón con un $f'c = 210$ kg/cm² sin cenizas.

De los resultados obtenidos podemos resaltar que:

- Al sustituir 3.0% de cenizas en la mezcla de concreto obtuvimos una resistencia a la compresión a los 28 días de 249 kg/cm², con un asentamiento promedio de 3.1”.
- Al sustituir 5.0% de cenizas en la mezcla de concreto obtuvimos una resistencia a la compresión a los 28 días de 243 kg/cm² con un asentamiento promedio de 2.4”.
- Al sustituir 8.0% de cenizas en la mezcla de concreto obtuvimos una resistencia a la compresión a los 28 días de 233.7 kg/cm² con un asentamiento promedio de 1.2”.

Considerando los valores antes mencionados pudimos concluir que a mayor cantidad de cenizas sustituidas en la mezcla de concreto menor fue la resistencia a la compresión que se obtuvo. Asimismo con respecto al asentamiento en la mezcla de concreto se pudo concluir que a mayor cantidad de cenizas menor fue el asentamiento medido.

La organización capitular del presente trabajo de investigación se estableció tal como se indica a continuación:

En el Capítulo 1, “Aspectos de la problemática” se describió el contexto en el que se presentó el problema a nivel nacional e internacional, logrando identificar el problema principal. Asimismo se indicó el por qué y para qué del trabajo de investigación, los objetivos y su delimitación.

En el Capítulo 2, “Marco Teórico” se mencionaron los estudios antes realizados que guardan relación con nuestro trabajo de investigación. Se recopiló básicamente las teorías relacionadas a las propiedades, características y clases tanto del concreto como de sus componentes así como de los ensayos ejecutados.

En el Capítulo 3, “Marco Metodológico” básicamente describimos los pasos que realizamos en cada uno de los ensayos ejecutados, indicando los equipos e instrumentos utilizados para cada caso. Asimismo realizamos la recolección y posterior procesamiento de los datos obtenidos en los ensayos mediante hojas de cálculo elaboradas en formato Excel.

En el Capítulo 4, “Resultados y discusión”, hacemos una descripción de los resultados obtenidos, analizando la resistencia a la compresión y la consistencia para cada tipo de concreto elaborado, con la finalidad de determinar cómo es que influyen las cenizas de rastrojo de maíz sobre las propiedades antes mencionadas.

CAPÍTULO I

ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

A nivel internacional existen nuevas tecnologías en la elaboración del concreto que están enfocadas a obtener productos más sustentables con un mayor desempeño y con menor impacto ambiental que cumplan las especificaciones técnicas que exigen las normas pudiendo lograrse esto al reutilizar materiales industriales y desechos de origen agrícolas tales como las ceniza que se puede usar como materia prima para producir cemento, o bien como material adicional a la mezcla de concreto (Benítez, 2015).

A nivel nacional, las cenizas se obtienen principalmente de la planta termoeléctrica de la ciudad de Ilo y son utilizadas en la elaboración de concretos premezclados. Existen además otras fuentes de producción de cenizas debido al quemado de la cascarilla de arroz en la selva norte. En la actualidad la influencia del uso de las cenizas en el concreto contribuyen en la reducción de los costos, cambios en la trabajabilidad del concreto fresco, reducción en la elevación de la temperatura durante la hidratación inicial, mejora en la resistencia a los sulfatos, reducción en la expansión debida a la reacción álcali – sílice, y contribución a la durabilidad y a la resistencia del concreto endurecido (Rivva, 2010).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera influye la sustitución del cemento por cenizas de rastrojo de maíz (CRM) en determinados porcentajes sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

El presente trabajo de investigación se justifica en la necesidad de intentar obtener concretos de mejor calidad y desempeño, sustituyendo parte del cemento por cenizas de rastrojo de maíz finamente molida, pretendiendo que se generen mejoras tanto en su estado endurecido (resistencia a la compresión), como en su estado fresco (consistencia).

La importancia de esta investigación radica en que se pretende tener nuevas alternativas en el diseño de mezclas de concreto frente a las ya convencionales, que permitan mejorar la resistencia y durabilidad de las estructuras que puedan ser construidas con este material y a un menor costo posible, permitiendo resaltar la importancia de la utilización de las cenizas de rastrojo de maíz y a la vez disminuyendo la contaminación ambiental ya que en el Perú contamos con una gran cantidad de desechos agroindustriales de esta materia prima.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Determinar la influencia que tiene la sustitución del cemento por cenizas de rastrojo de maíz en porcentajes de 3.0%, 5.0% y 8.0% en la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a la compresión de las probetas del concreto patrón y de las sustituidas con cenizas de rastrojo de maíz al 3.0%, 5.0% y 8.0% a los 7, 14 y 28 días de iniciado el curado, respetando las dosificaciones establecidas.
- Determinar la consistencia mediante el ensayo de asentamiento para cada diseño de mezclas.
- Determinar qué porcentaje de cenizas de rastrojo de maíz de las tres dosificaciones definidas es el óptimo para que sustituya al cemento en una mezcla de concreto.

1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Los ensayos que son objeto del presente trabajo de investigación se realizaron en el laboratorio de ensayos de materiales de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Piura.

El rastrojo de maíz como materia prima para la obtención de las cenizas se obtuvo de la provincia de Morropón departamento de Piura, debido a que la zona tiene como una de sus principales actividades económicas la agricultura contribuyendo considerablemente en la obtención de dicha materia prima.

El trabajo de investigación se desarrolló durante un periodo de 5 meses con una inversión final de aproximadamente S/. 1100.00.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

A nivel internacional:

En el trabajo de investigación “Estudio de morteros de cemento portland con ceniza de rastrojo de maíz: posibilidades de uso en construcciones rurales” se realizó la caracterización química y el estudio de la reactividad de la ceniza producida mediante la combustión de la planta de maíz. Es sabido a través de distintas investigaciones que el contenido de sílice de las cenizas procedentes de la combustión de residuos agrícolas puede conferirle propiedades puzolánicas. Este estudio preliminar abre las puertas al uso de la ceniza de rastrojo de maíz en ámbitos rurales para la elaboración de materiales alternativos para la autoconstrucción de viviendas. El maíz es un producto que tiene fuertes arraigos culturales en muchos países y constituye la base de la dieta alimenticia de millones de seres humanos una buena parte de los cuales habitan en países en vías de desarrollo. El rastrojo de maíz es el residuo generado luego de la recolección del cereal, el volumen producido no es despreciable y sometido a la combustión genera una ceniza que podría reemplazar parcialmente al cemento portland en morteros y hormigones resolviendo de esta manera la gestión del residuo y disminuyendo el consumo de cemento portland, un material muy costoso en los países en vías de desarrollo, y cuya producción genera grandes cantidades de gases de efecto invernadero. Los resultados experimentales del presente trabajo confirman el carácter puzolánico de la ceniza de rastrojo de maíz, obteniéndose resistencias a compresión similares a las de los morteros control (Escalera et al, 2008).

La Universidad Politécnica de Valencia realizó un estudio de morteros de cemento portland con cenizas de rastrojo de maíz para su posible uso en construcciones rurales, el estudio reveló que esta tiene características puzolánicas y sus resultados de resistencia a compresión de mortero a los 28 días, sustituyendo un 10 por ciento de cemento por esta ceniza, alcanzó el 92 por ciento de la resistencia del mortero estándar (Chic, 2014).

A nivel nacional:

En el trabajo de investigación “Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de cunyac y vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ” se realizaron ensayos de compresión, flexión y consistencia. Par las muestras que fueron ensayadas a compresión se consideraron proporciones de 2.5%, 5% y 7.5% de ceniza de rastrojo de maíz con respecto al peso del cemento, para 7, 14 y 28 días de edad mientras que para los ensayos a flexión se consideraron especímenes rectangulares en proporción de 5% de cenizas con respecto al peso del cemento, para 28 días de edad. En este estudio se llegó a la conclusión que la adición de 2.5%, 5% y 7.5% de ceniza de rastrojo de maíz a los 7, 14 y 28 días generó un incremento en la resistencia a la compresión del concreto que vario del 30% al 110% con respecto a un concreto patrón con un $f_c=210\text{kg/cm}^2$ y que en la adición del 5% de ceniza de rastrojo de maíz a los 28 días para la resistencia a la flexión, se obtuvo 19.20 kg/cm^2 para una resistencia a la flexión del concreto patrón de 20.99 kg/cm^2 (Galicía y Velásquez, 2016).

A nivel local:

En el trabajo de investigación “Estudio técnico - económico para la obtención de cemento hidráulico a partir del cemento portland y la cascara de arroz”, se tuvo como propósito buscar analizar y proponer una mejora al cemento puzolánico brindando una opción de cemento con adición de puzolana de forma natural. Para esto se utilizaron herramientas de ingeniería de métodos como diagramas de proceso, estudio de mercado, análisis de operaciones, diseño de equipos, análisis financiero, realización del control calidad, control de residuos, seguridad industrial y salud ocupacional (...). se ha comprobado que las cenizas de cáscara de arroz poseen propiedades puzolánicas si son quemadas y/o molidas en forma conveniente; no obstante su naturaleza silíceo puede dar lugar a expansiones o degradación del material en forma similar a la reacción álcali sílice (Moreno, 2015).

2.2.BASES TEÓRICAS

Este trabajo de investigación detalla al concreto como base de la investigación, enfatizando sus propiedades, tipos y sus componentes. De igual manera en el desarrollo complementamos conceptos relacionados al diseño de mezcla y las cenizas de rastrojo de maíz.

2.2.1. Concreto.

2.2.1.1. Definición

El concreto es un material adecuadamente dosificado, que se obtiene debido a la mezcla de tres componentes fundamentales cemento, agua y agregados. Adicionalmente también puede incorporarse en su composición aditivos, adiciones y fibra. En casos muy especiales se les puede agregar intencionalmente aire para incrementar su durabilidad en condiciones de bajas temperaturas (Rivva, 2010).

Al reaccionar químicamente el cemento con el agua, produce que las partículas de agregado se unan entre sí, constituyendo un material homogéneo (Abanto, 2009).

En la práctica, para obtener un buen concreto, no solo es necesario contar con materiales de excelente calidad y en proporciones adecuadas, sino también tener en cuenta ciertos factores como el proceso de mezclado, transporte, colocación o vaciado y curado del concreto con la finalidad de llegar obtener los requerimientos deseados (Harmsen, 2002).

2.2.1.2. Componentes del concreto.

Hoy en día la Tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como un elemento pasivo. Si bien tradicionalmente se consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente comprobada la importancia de su empleo contribuyendo en la mejora de las condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a largo plazo una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento (Pasquel, 1998).

2.2.2. Cemento

Es considerado como un material aglomerante por sus propiedades de adherencia y cohesión el cual al ser combinado con arena, piedra u otros similares constituyen una mezcla que al contacto con el agua forman una masa endurecida con propiedades resistentes y de durabilidad (Guzmán, 2001).

En 2004, Torre describe según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009 al cemento Portland, como un cemento hidráulico que se obtiene de la pulverización del Clinker cuyo compuesto está constituido por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene además una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

Cemento Portland = Clinker Portland + Yeso
--

Según Abanto (2009), sostiene que el cemento es un material pulverizado muy fino de color verdoso que se obtiene debido al proceso de molienda del Clinker más un porcentaje de yeso entre (3 a 4%) permitiendo regular la fragua del cemento. Básicamente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas (Abanto, 2009).

a) Componentes del cemento portland.

Según Torre (2002), el cemento está constituido por los siguientes componentes:

- **Silicato tricálcico (C_3S)**, también denominado Alita, contribuye de manera muy importante a las resistencias iniciales e influye directamente en el desarrollo de un alto calor de hidratación.
- **Silicato dicálcico (C_2S)**, también denominado Belita, es la segunda fase en importancia del Clinker el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación, su velocidad de endurecimiento es lento pero posee una buena estabilidad química.
- **Aluminato tricálcico (C_3A)**, es un catalizador en la reacción de los silicatos, contribuye en la resistencia durante las primeras horas y ocasiona un fraguado violento debido a que su calor de hidratación es muy elevado. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle yeso durante la fabricación del cemento.
- **Alumino-Ferrito Tetracálcico (C_4AF)**, tiene su influencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.
- **Componentes menores:** óxidos de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland contribuye en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al estado endurecido después del proceso de hidratación (Abanto, 2009).

Tabla 2. 1. Compuestos químicos en la fabricación del Clinker de cemento Portland

Designación	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	$3CaO.SiO_2$	C_3S	30% a 50%
Silicato dicálcico	$2CaO.SiO_2$	C_2S	15% a 30%
Aluminato tricálcico	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A	4% a 12%
Ferro aluminato tetracálcico	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF	8% a 13%
Cal libre	CaO	-	-
Magnesia libre (Periclasa)	MgO	-	-

Fuente: (Torre, 2004).

b) Materiales que conforman el cemento portland

Los materiales esenciales que la conforman son:

- **Caliza:** Es una piedra de origen natural y en abundancia que tiene la propiedad de ser dura, constituida fundamentalmente por carbonato de calcio ($CaCO_3$), la molienda de la piedra caliza para cemento puede alcanzar los 75 a 80% del volumen total. IECA (Como se citó en Apaza, 2018).
- **Arcilla:** Está conformada por sílice y óxido de silicio (SiO_2) en un 16.26% y asimismo óxido de aluminio (Al_2O_3) y óxido de fierro (Fe_2O_3). Es sabido que la principal fuente de álcalis en el cemento es el componente arcilloso. IECA (Como se citó en Apaza, 2018).

c) Fabricación del cemento portland.

Una vez obtenidas las materias primas estas son finamente molidas e íntimamente mezcladas, posteriormente se calientan hasta principio de la fusión a elevadas temperaturas (1400-1450 °C), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200 mts de longitud y 5.50 mts de diámetro. Al material parcialmente fundido que sale del horno se le denomina “Clinker” (pequeñas esferas de color gris negruzco, duras y de diferentes tamaños). El Clinker enfriado y molido a un polvo muy fino, es lo que constituye el cemento portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3% ó 4%), para regular la fragua del cemento. (Abanto, 2009).



Figura 2.1. Clinker.

Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Clinker.jp>

Tabla 2.2. Materias primas usadas en la fabricación de cemento portland.

Cal CaO	Aragonita, arcilla, arcilla calcárea (Marga), calcita, conchas marinas, desechos alcalinos, escorias, mármol, piedra Caliza, pizarras, polvo residuo de Clinker, roca calcárea, tiza.
Sílice SiO ₂	Arcilla, arcilla calcárea (Marga), arena, areniscas, basaltos, cenizas volátiles, cenizas de cáscara de arroz, cuarcita, escorias, piedras calizas, roca calcárea, silicato de calcio.
Alúmina Al ₂ O ₃	Arcilla, arcilla calcárea (Marga), bauxita, cenizas volátiles, deshecho de mineral de aluminio, escoria de cobre, escorias, estauroлита, granodioritas, piedra caliza, pizarras, residuos de lavado de mineral de aluminio, roca calcárea.
Hierro Fe ₂ O ₃	Arcilla, Ceniza de altos hornos, Escoria de pirita, Laminaciones de hierro, Mineral de hierro, Pizarras, Residuos de lavado de mineral de hierro.
Yeso CaSO ₄ .2H ₂ O	Anhidrita, Sulfato de calcio, Yeso natural.
Magnesia MgO	Escorias, Piedra caliza, Roca calcárea.

Fuente: (Pasquel, 1998).

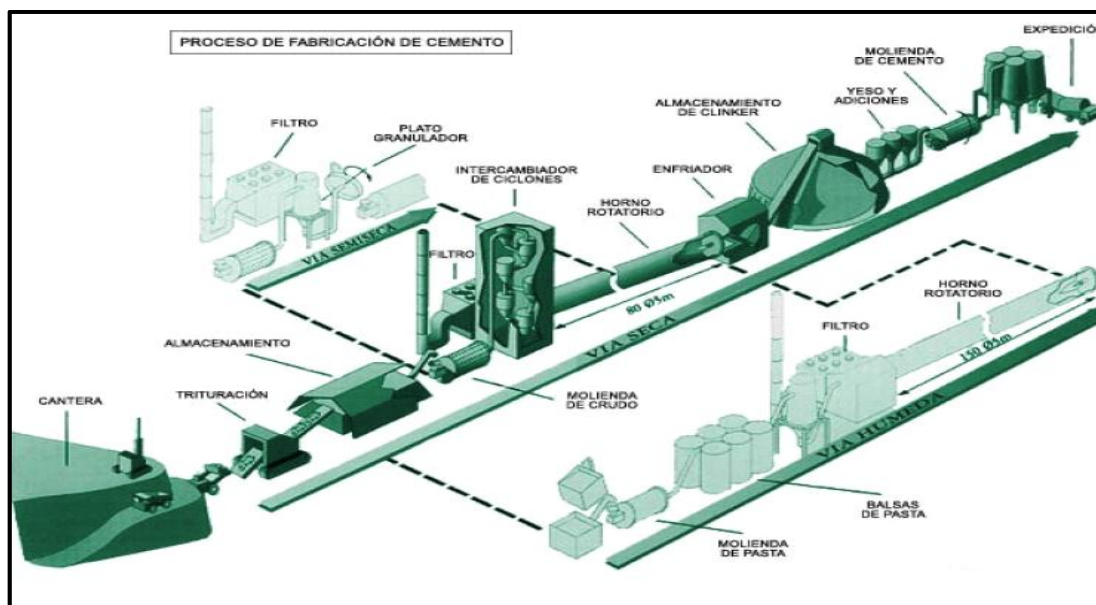


Figura 2.2. Proceso de fabricación de cemento.

Fuente: (Lapa, s.f.)

d) Tipos de cemento

• Cementos Portland:

Según la NTP 334.009 (2005), los Cemento Portland se clasifican en diferentes tipos teniendo en cuenta sus propiedades específicas:

- Tipo I:** Para uso general, los cuales no requieren propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- Tipo II:** Para uso general, y en especial cuando se requiere moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III:** Se utiliza cuando se desea altas resistencias iniciales, el concreto elaborado con este tipo de cemento desarrolla una elevada resistencia en tres días igual a la desarrollada a los 28 días para concretos con cemento tipo I o tipo II.
- Tipo IV:** Se emplea cuando se requiere bajo calor de hidratación en el concreto.
- Tipo V:** Para emplearse cuando se desea alta resistencia a la acción de los sulfatos, generalmente para estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y aguas de mar.

• Cementos Portland Adicionados.

Según la NTP 334.009 (2013), los Cemento Portland adicionados se clasifican en diferentes tipos concebidos para el uso indicado.

- Tipo IS:** Cemento Portland que posee un contenido de escoria de alto horno entre 25% y 70%.
- Tipo IP:** Cemento Portland que se le ha añadido entre 15% a 40% en peso de puzolana.
- Tipo IL:** Cemento Portland – caliza.
- Tipo I (PM):** Cemento Portland que se le ha añadido en su composición menos del 15% en peso de puzolana.
- Tipo IT:** Cemento adicionado ternario.
- Tipo IC₀:** Cemento Portland compuesto, que se le ha añadido en su composición hasta un 30% en peso de materiales calizos, posee mayor plasticidad.

- **Cementos Portland especificación de la performance.**

Según la NTP 334.082 (2000), los Cemento Portland se clasifican en diferentes tipos de acuerdo a sus propiedades específicas:

- Tipo GU:** Cemento Portland para construcciones generales. Se usa cuando no se requieren propiedades especiales.
- Tipo HE:** Se usa cuando se requiere alta resistencia en edades tempranas.
- Tipo MS:** Se usa cuando se requiere moderada resistencia a los sulfatos y moderada calor de hidratación.
- Tipo HS:** Se usa cuando se requiere alta resistencia a los sulfatos.
- Tipo MH:** Se usa cuando se requiere moderado calor de hidratación.
- Tipo LH:** Se usa cuando se requiere bajo calor de hidratación.

Tabla 2.3. Empresas productoras de cemento en el Perú.

EMPRESA	TIPOS DE CEMENTO QUE PRODUCE
Cementos Lima S A	Sol I, Sol II, Supercemento Atlas IP
Cementos Pacasmayo S A	Pacasmayo I, Pacasmayo II, Pacasmayo V, Pacasmayo MS-ASTM C-1157, Pacasmayo IP, Pacasmayo ICo (COMPUESTO)
Cemento Andino S A	Andino I, Andino II, Andino V, Andino IPM
Cementos Selva	Cemento Portland Tipo I, Tipo II, Tipo V, Puzolánico IP, Compuesto 1Co
Yura SA	Yura I, Yura IP, Yura IPM, Cemento de Albañilería marca Estuco Flex
Cemento Sur S A	Rumi I, Inti 1PM, Portland tipo II, Portland Tipo V
Cemento Rioja S.A.	Cemento Portland Tipo IPM

Fuente: (Torre, 2004).

- **Requisitos químicos y físicos obligatorios del cemento Portland.**

Tabla 2.4. Requisitos químicos obligatorios del cemento Portland

Requisitos Químicos	Tipos					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Óxido de Magnesio (MgO), máx. %	6.0	6.0	6.0	-	6.0	6.0
Trióxido de Azufre (SO ₃), máx. %	3.5	3.0	2.3	-	4.0	4.0
Pérdida por Ignición, máx. %	3	3.0	3.0	-	5.0	8.0
Residuo Insoluble, máx. %	0.75	0.75	0.75	-	-	-
Aluminato tricálcico (C ₃ A), máx. %	-	8.0	5.0	-	-	-
Álcalis equivalentes (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O), máx. %	0.6*	0.6*	0.6*	-	-	-

Fuente: NTP 339.009.

Tabla 2.5. Requisitos físicos obligatorios del cemento Portland.

Requisitos Físicos	Tipos					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Resistencia la Compresión mín. Kg/cm ²						
3 días	120	100	80	100	130	130
7 días	190	170	150	170	200	200
28 días	280*	280*	210	280*	250	250
Tiempo de fraguado, minutos						
Inicial, mínimo	45	45	45	45	45	45
Final, máximo	375	375	375	420	420	420
Expansión en autoclave, % máximo	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Resistencia a los Sulfatos % máximo de expansión	-	-	0.04* 14 días	0.1 6meses	0.10* 6meses	-
Calor de Hidratación, máx. KJ/Kg						
7 días	-	290*	-	-	290*	-
28 días	-	-	-	-	330*	-

Fuente: NTP 339.009.

- **Mecanismo de hidratación del cemento.**

Se denomina hidratación al conjunto de procesos químicos entre el agua y los componentes del cemento, responsables de la formación de compuestos que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. (Pasquel, 1998).

La hidratación del cemento constituye un agente de enlace, es decir en presencia del agua los silicatos y aluminatos generan productos de hidratación que con el tiempo forman una pasta dura conocida como pasta de cemento endurecida (Portugal, s.f.).

2.2.3. Agua de mezcla

El agua de mezcla es un elemento fundamental y debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. Mayormente se emplea agua potable siendo ideal para la preparación de concretos. Se tiene como una de las funciones principales hidratar al cemento pero también se emplea para mejorar la trabajabilidad de la mezcla (Harmsen, 2002).

Debido a la gran importancia del agua en las reacciones químicas del cemento durante el estado plástico, el proceso de fraguado y el estado endurecido el agua de mezclado es considerado como la cantidad de agua por volumen unitario de concreto (Portugal, s.f.).

Según Torre (2004), sostiene que el agua utilizada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos que se establecen en la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. En la actualidad no existen criterios específicos en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua empleada en un diseño de mezclas.

Si se llegara a tener dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación de concreto, es importante realizar un análisis químico y de esta manera comparar los resultados obtenidos con los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua que pueden ser utilizadas en la preparación de dicho concreto (Abanto, 2009).

a) Normas Técnicas Peruanas para el agua del concreto.

Según Harmsen (2002), sostiene que para el ensayo del agua de mezcla se tendrán en consideración las siguientes Normas:

- NTP 339.070: Toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Portland.
- NTP 339.071: Ensayo para determinar el residuo sólido y el contenido de materia orgánica de las aguas.
- NTP 339.072: Método de ensayo para determinar por oxidabilidad el contenido de materia orgánica de las aguas.
- NTP 339.073: Método de ensayo para determinar el pH de las aguas.
- NTP 339.074: Método de ensayo para determinar el contenido de sulfatos de las aguas.
- NTP 339.075: Método de ensayo para determinar el contenido de hierro de las aguas.
- NTP 339.076: Método de ensayo para determinar el contenido de cloruros de las aguas.

2.2.4. Agregados

Denominados áridos, son partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites que establece la NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto y se encuentran embebidos en la pasta ocupando aproximadamente el 75% del volumen, de una muestra típica de concreto (Torre, 2004).

En 1994, Pasquel define a los agregados como los elementos inertes del concreto que se unen entre sí por la pasta de cemento generando un enlace, con la finalidad de formar una estructura resistente, la superficie de los agregados debe de estar libre de impurezas y ser de muy buena calidad.

2.2.4.1. Clasificación de los agregados

a) Por su origen:

- **Agregados Naturales:** Aquellas partículas que se obtienen por procesos de transformación natural como por ejemplo el canto rodado de río o de cantera, las arenas naturales muy finas, la piedra pómez natural y la lava volcánica porosa (Torre, 2004).
- **Agregados Artificiales:** Aquellas partículas que se obtienen de procesos de transformación industrial como por ejemplo las escorias de alto horno (Torre, 2004).

b) Por su composición mineralógica

Según Rivva (2002), sostiene que de acuerdo a su composición mineralógica los agregados pueden ser:

- Silicios
- Calcáreos

- c) Por su densidad:** Entendiendo densidad como la Gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con $G_e = 2.5$ a 2.75 , ligeros con $G_e < 2.5$ y pesados con $G_e > 2.75$. Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso (Pasquel, 1998).

d) Por su perfil

Según Rivva (2002), sostiene que de acuerdo a su perfil las partículas de agregado comprenden siete grupos:

- Redondeado
- Irregular
- Laminado
- Angular
- Semiangular o semiredondeado
- Elongado
- Laminado y elongado

e) Por su textura superficial

En 2004, Torre sostiene que según la textura superficial de los agregados estas pueden ser:

- Lisa
- Áspera
- Granular
- Vítrea
- Cristalina

f) Por su tamaño

- **Agregado fino:** Es aquel material proveniente de la desintegración natural de las rocas, normalmente es la arena o piedra natural de dimensiones muy reducidas que pasa el tamiz 9,5 mm 3/8" (Abanto, 2009).
- **Agregado grueso:** Es aquel material proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas, el agregado grueso puede ser piedra chancada, grava, retenido en el tamiz 4,75 mm (Abanto, 2009).

2.2.4.2. Propiedades físicas de los agregados

a) Granulometría

La granulometría de los agregados se rige en base a parámetros como el área superficial que determina la cantidad de agua necesaria para mojar los cuerpos sólidos, el volumen relativo ocupado por el agregado, la trabajabilidad de la mezcla y su tendencia a la segregación (Neville, 2013).

La razón por la cual se realiza un análisis granulométrico para el diseño de mezclas de concreto radica en que la granulometría que presenten estos agregados van a influir en algunas de las propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido, por lo cual resulta vital conocer el tipo de gradación que tiene mediante este análisis (Carbajal, 1998).

Los resultados de un análisis granulométrico se pueden analizar mucho mejor si se representan gráficamente, es por esta razón que se utilizan en gran medida las curvas granulométricas (Figura 2.4). Al utilizar ese tipo de gráficas es posible ver simultáneamente si la granulometría de una muestra determinada se ajusta a las especificaciones o si es demasiado gruesa o demasiado fina, o deficiente en un tamaño particular (Neville, 2013).

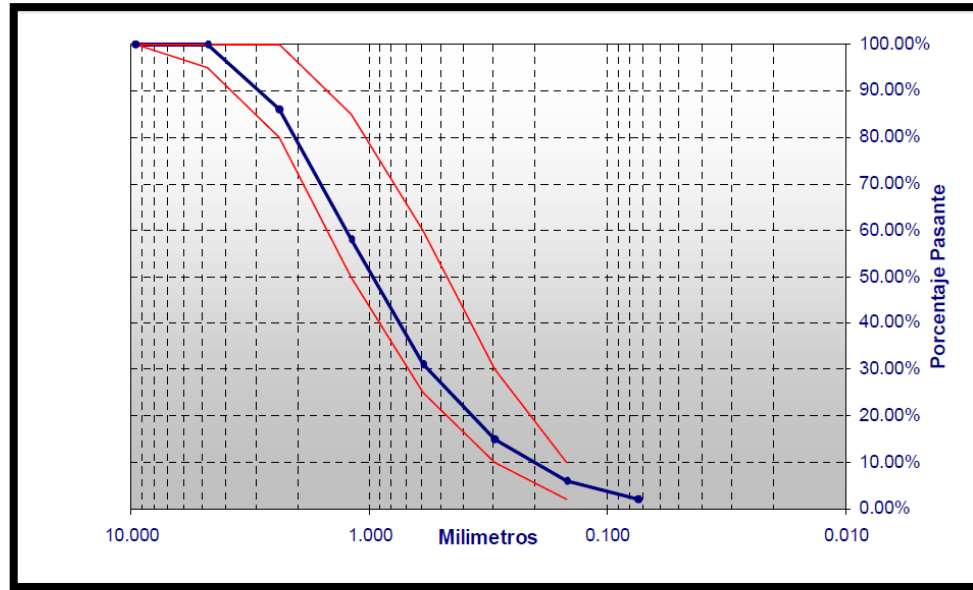


Figura 2.3. Curva granulométrica de agregado fino
Fuente: Tecnología del concreto de alto desempeño (Portugal, s.f.)

- **Granulometría del agregado fino**

Es recomendable por la Norma N.T.P 400.037 o en la norma ASTM C-33 que los valores que se obtienen del análisis granulométrico del agregado fino se encuentren dentro de los límites establecidos en la tabla 2.6.

- **Granulometría del agregado grueso**

Los valores que se obtienen del análisis granulométrico del agregado grueso se deben encontrar dentro de los límites establecidos en la Norma N.T.P 400.037 o en la Norma americana ASTM C-33, los cuales están indicados en la tabla 2.7.

Tabla 2.6. Porcentajes que pasa por los tamices normalizados para el agregado fino.

Tamiz (ASTM)	% que pasa
3/8"	100
N° 4	95-100
N° 8	80-100
N° 16	50-85
N° 30	25-60
N° 50	5-30
N° 100	0-10

Fuente: (ASTM C-33)

Tabla 2.7. Porcentajes que pasa por los tamices normalizados-Agregado Grueso.

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 in.)	90 mm (3 ½ in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2 ½ in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1 ½ in.)	25 mm (1 in.)	19 mm (¾ in.)	12.5 mm (½ in.)	9.5 mm (¾ in.)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 ½ in. a 1 ½ in.)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37.5 mm (2 ½ in. a 1 ½ in.)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25 mm (2 a 1 in.)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 mm a 4.75 mm (2 in. a N° 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37.5 mm a 9 mm (1 ½ in. a ¾ in.)	-	-	-	-	100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 ½ in. a N° 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25 mm a 12.5 mm (1 a ½ in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25 mm a 9.5 mm (1 a ¾ in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25 mm a 4.75 mm (1 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19 mm a 9.5 mm (¾ a ¾ in.)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19 mm a 4.75 mm (¾ in. a N° 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12.5 mm a 4.75 mm (½ in. a N° 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9.5 mm a 2.56 mm (¾ in. a N° 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9.5 mm a 1.18 mm (¾ in. a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: (ASTM C-33)

b) Tamaño máximo y Tamaño máximo nominal

Según NTP 400.012 el tamaño máximo (TM) es aquel que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso, mientras que el tamaño máximo nominal (TMN) es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

c) Densidad

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción (Torre, 2004).

d) Módulo de fineza

El módulo de fineza es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando el índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, mientras que cuando es alto indica todo lo contrario (Castillo, 2009).

El módulo de fineza para el agregado fino se determina mediante la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices empleados en los análisis granulométricos divididos entre 100, tal como se muestra en la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{retenidos acumulados en los tamices } 3/8'' \text{ N}^\circ 4 \text{ N}^\circ 8 \text{ N}^\circ 16 \text{ N}^\circ 30 \text{ N}^\circ 50 \text{ N}^\circ 100}{100} \quad \dots (1).$$

Según la norma ASTM la arena debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1. Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos de 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia (Castillo, 2009).

e) Porosidad

Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en la ASTM C 29 Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas (Pasquel, 1992).

f) Absorción

La absorción se define como la cantidad de agua que un agregado necesita para pasar de la condición seca a la condición de saturado superficialmente seco. Por lo general se expresa en porcentajes tal como se indica en la expresión 2 (Abanto, s.f).

Los valores de absorción se usan para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de los poros dentro de las partículas constituyentes, en comparación con la condición seca, cuando se considera que el agregado ha estado en contacto con el agua el tiempo suficiente para cumplir con la mayor parte del potencial de absorción (NTP 400.022, 2003).

$$\% \text{ Absorción} = \frac{P_{(\text{saturado superficialmente seco})} - P_{(\text{seco})}}{P_{(\text{seco})}} \quad \dots (2).$$

g) Peso unitario

Se define peso unitario o volumétrico del agregado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario, este valor se puede calcular ya sea en estado suelto o compactado. Para determinar este valor el agregado se debe encontrar en condición seca, pues tendrá el efecto de incrementar el valor del peso unitario del agregado grueso y generara el efecto de abundamiento del agregado fino (Portugal, s.f.).

Aunque se puede realizar el ensayo de peso unitario para el agregado grueso y el agregado fino; el valor que se emplea como parámetro al momento de realizar los cálculos para el diseño de mezclas es el peso unitario compactado del agregado grueso.

- **Peso unitario suelto (PUS):** Se denomina peso unitario suelto cuando se coloca el material seco en un recipiente con volumen y peso definido hasta el punto de derrame para luego poder enrazar. El concepto de peso unitario suelto es importante cuando se trata de manejo transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto. El peso unitario suelto se calcula mediante la expresión 3.

$$P_{u(\text{suelto})} = \frac{P_{\text{promedio}}(\text{muestra suelta})}{\text{Volumen}_{\text{molde}}} \quad \dots (3).$$

- **Peso unitario compactado (PUC):** Se denomina peso unitario compactado cuando las partículas de agregados han sido sometidas a compactación utilizando una varilla, logrando así un mejor acomodamiento entre ellas y por lo tanto un mayor valor en el peso unitario. Este valor es importante desde el punto de vista del diseño de mezclas debido a que con él se determina el volumen absoluto de los agregados por cuanto estos van a estar sometidos a una compactación durante el proceso de colocación del concreto. El peso unitario compactado se calcula mediante la siguiente expresión.

$$P_{u(compactado)} = \frac{P_{promedio(muestra compactada)}}{Volumen_{molde}} \dots (4).$$

h) Contenido de Humedad

El contenido de humedad se define como la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla (Torre, 2004).

Dependiendo de las condiciones de humedad que tenga el agregado, puede quitar o aportar agua a la mezcla (porque se considera que el agregado se satura y el agua libre es la que reacciona con el cemento). Si la humedad del agregado es mayor que la absorción, el material tiene agua libre y está aportando agua a la mezcla; pero si por el contrario la humedad del agregado es menor que la absorción, el agregado le va a quitar agua a la mezcla para saturarse. Esto es importante para poder definir la cantidad de agua de mezcla y no alterar la relación agua-cemento (Rivera, s.f.).

Según la norma NTP 339.185 el contenido de humedad de los agregados se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$W\% = \frac{P_{(tara+muestra humeda)} - P_{(tara+muestra seca)}}{P(muestra seca)} \dots (5).$$

i) Peso específico

Se define como el cociente de dividir el peso de las partículas de agregados entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Según la NTP 400.022 el peso específico se puede calcular de tres formas distintas dependiendo de la condición de saturación que presenten.

2.2.5. Propiedades del concreto

2.2.5.1. Propiedades del concreto en estado fresco

a) Trabajabilidad

Según Pasquel (1998), define dicha propiedad como la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto, además está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.

- **Factores que influyen en la trabajabilidad del concreto**

- El método y la duración del transporte.
- Cantidad y características de los materiales cementantes.
- Consistencia del concreto (asentamiento en cono de Abrams o revenimiento).
- Tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos.
- Aire incluido (aire incorporado).
- Cantidad de agua.

- Temperatura del concreto y del aire.
- Aditivos.

b) Consistencia

En 2004, Torre describe la consistencia como la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende fundamentalmente de:

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma de los agregados.

c) Segregación

Según Pasquel (1998), se genera debido a que la diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es sólo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz.

d) Exudación

Es el desarrollo de una camada de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente la subida del agua hacia la superficie (Kosmatka et al., 1992).

e) Contracción

Según Abanto (1998). Sostiene que es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia. El cemento se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, y a este proceso irreversible se le llama contracción intrínseca, además existe otro tipo de contracción inherente a la pasta de cemento denominada contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.

2.2.5.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

a) Elasticidad.

Es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión (...), la norma que establece como determinar el Módulo de elasticidad estático del concreto es la *ASTM C-469* (Pasquel, 1998).

b) Resistencia a la compresión.

En 2002, Harmsen sostiene que la resistencia a la compresión (f'_c) está definida como el promedio de la resistencia de, como mínimo, dos probetas tomadas de la misma muestra probadas a los 28 días. Este parámetro es obtenido a través del ensayo de un cilindro estándar de 6" (15 cm) de diámetro y 12" (30 cm) de altura. El espécimen debe permanecer en el molde 24 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo.

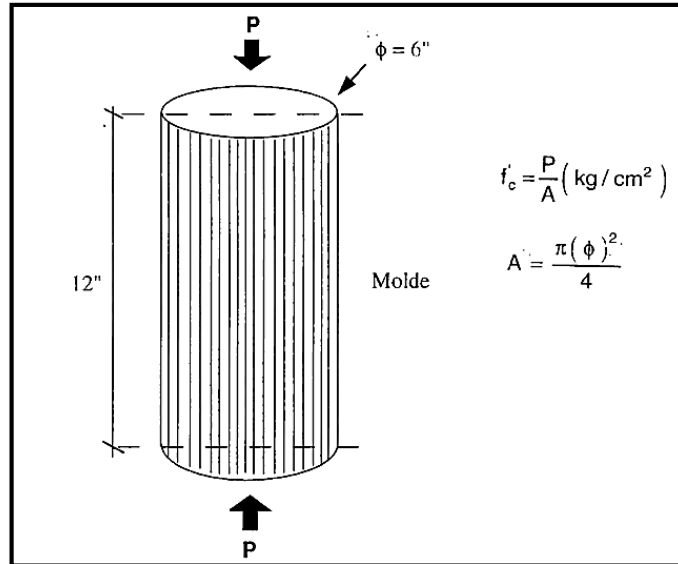


Figura 2.4. Dimensiones de la muestra cilíndrica.

Fuente: (Abanto, 1998).

- **Factores que afectan la resistencia a la compresión del concreto.**

Según Harmsen (2002), sostiene que algunos de los factores que afectan la resistencia a la compresión del concreto son:

- **Relación w/c:** Es el factor que más influye en la resistencia del concreto y constituye la razón entre el peso del agua y el peso del cemento utilizados en la mezcla. Si w/c disminuye, la porosidad decrece consiguiéndose un concreto denso, de buena calidad y alta resistencia.
- **Tipo de cemento:** De acuerdo al tipo de cemento, el desarrollo de la resistencia a la compresión varía con el tiempo como se aprecia en la figura. Sin embargo, puede observarse que después de un cierto tiempo, los concretos elaborados con cementos diferentes alcanzan aproximadamente las mismas características.

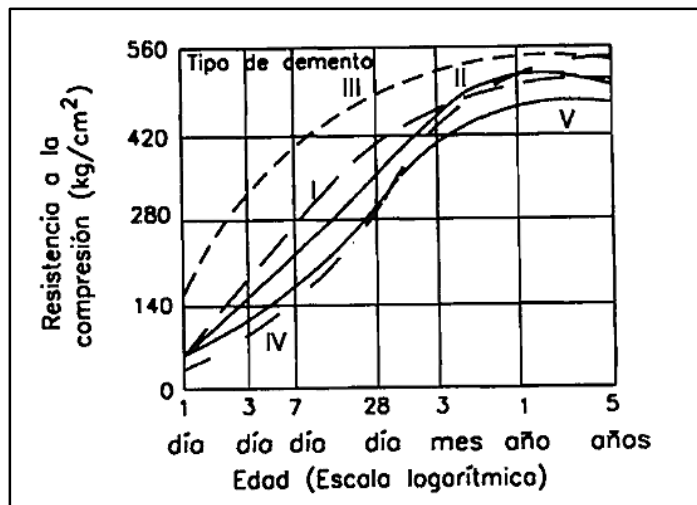


Figura 2.5. Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto en función del tipo de cemento.

Fuente: (Harmsen, 2002).

- **Tipo de agregado:** La probeta ensayada puede romperse a través de la piedra o en la interfase agregado-pasta. Si el agregado es resistente, el primer caso no se presenta. En cambio, la falla en la interfase piedra-mortero depende del grado de unión de ambos elementos. Este es función de la textura de su superficie, gradación, tamaño máximo, etc.
- **Duración del curado:** La duración del curado influye en la resistencia del concreto.

c) Durabilidad

Según Rivera s.f., sostiene que un concreto durable es aquel que puede resistir en forma satisfactoria las condiciones de servicio a que estará sujeto, tales como: la meteorización, la acción química y el desgaste.

Tabla 2.8. Circunstancias que afectan la durabilidad.

Mecánicas	Vibraciones, sobrecargas, impactos, choques.
Físicas	Oscilaciones térmicas, ciclos de hielo y deshielo, fuego, causas higrométricas.
Químicas	Contaminación atmosférica, aguas filtradas, terrenos agresivos.
Biológicas	Vegetación o microorganismos.

Fuente: Torre (2004)

d) Extensibilidad.

En 1998, Pasquel la describe como propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones. Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo.

e) Impermeabilidad.

Según Apaza (2018), esta propiedad del concreto tiene la capacidad de impedir el paso del agua a través de él y es muy importante sobre todo en aquellos casos donde hay presencia de agentes agresivos nocivos que puedan afectar al acero de refuerzo y del concreto mismo.

2.2.6. Rastrojo de maíz.

2.2.6.1. Definición del rastrojo de maíz.

El rastrojo de maíz es el residuo generado luego de la recolección del cereal (Escalera, et al, 2008).

El cultivo de maíz genera mucho desecho, según las investigaciones de la FAO, una hectárea de cultivo de maíz produce cerca de 1,55 toneladas de residuos de tallos. El grano seco pesa entre 30 a 55,9 por ciento del peso total de la planta seca, el porcentaje restante es desecho (Chic, 2014).

2.2.6.2. Partes del rastrojo de maíz

En 2014, Chic sostiene que alrededor del 70 por ciento de la planta del cultivo del maíz es considerado como basura. De las partes de la planta que se muestran en el grafico 2.1, la fracción útil solo es el grano de maíz y el resto es desecho.

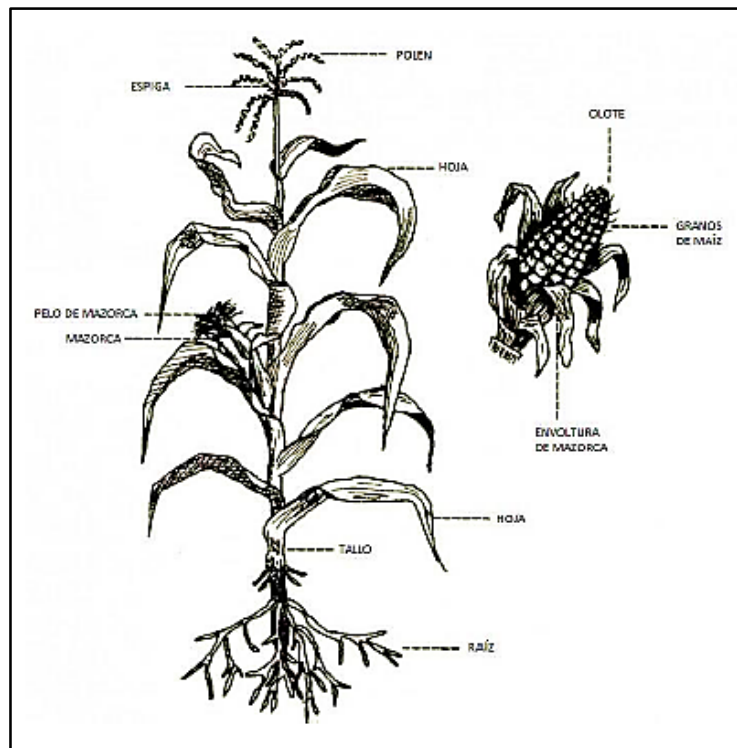


Figura 2.6. Partes de la planta de maíz.
Fuente: (Chic, 2014)

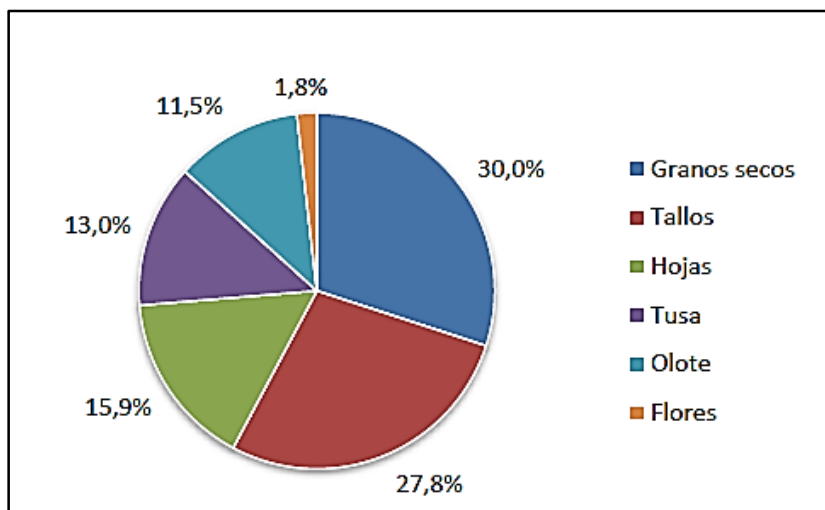


Gráfico 2.1. Proporción de las partes de la planta de maíz.
Fuente: (Chic, 2014).

2.2.6.3. Composición mineralógica de las muestras de maíz

Tabla 2.9. Componentes minerales mayoritarios (xxx), secundarios (xx) y minoritarios o posibles (x) en las muestras de maíz.

MINERAL	FÓRMULA	COMPONENTES MINERALES				
		MX-R1-HG-1	MX-R1-HG-2	MX-R2-HG-3	MX-H-HG-4	MX-T-HG-5
Calcita	CaCO_3	x	xx		Muy amorfa, imposible de identificar.	xx
Hidrógeno Pirofosfático Potásico	$\text{K}_3\text{HP}_2\text{O}_7$	x	xx			x
Silvina	KCl	x	xx	x		xxx
Cuarzo	SiO_2	xx	xxx	xx		
Anortita	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	xx				
Sanidina	$(\text{Na},\text{K})\text{AlSi}_3\text{O}_8$	xxx	xxx	xx		xxx
Albita	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$		x			
Cristobalita	SiO_2	xx				
Caolinita	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$		xx			x
	$\text{Na}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_3$	xxx				
	$\text{KCa}(\text{PO}_3)_3$	xxx				x
Mica Moscovita	$\text{KMgAlSi}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$		x			

Fuente: (Galicia y Velásquez, 2016)

2.2.7. Cenizas

Las cenizas son subproductos que se obtienen de la combustión del carbón o de la cascara de arroz. Contienen partículas esféricas muy pequeñas las cuales presentan propiedades puzolánicas. Estos subproductos pueden ser usados en la fabricación del cemento o como parte integrante de la mezcla de concreto. (Rivva, 2010).

2.2.7.1. Ceniza de rastrojo de maíz

Se obtiene debido a la combustión del rastrojo de maíz el cual podría reemplazar parcialmente al cemento en morteros y hormigones resolviendo de esta manera la gestión del residuo y disminuyendo el consumo de cemento portland, (Escalera et al, 2008).

El rastrojo se llama en si a la planta seca; al ser calcinado a 400°C, alcanza un nivel de composición de Caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), $\text{Na}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_3$, $\text{KCa}(\text{PO}_3)_3$; y sanidina ($(\text{Na},\text{k})\text{AlSi}_3\text{O}_8$); que tienen alta composición de puzolana (Galicia y Velásquez, 2016).

La puzolana es un material silíceo o silíceo aluminoso que, cuando está en la forma de polvo fino y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio liberado por la hidratación del cemento portland para formar silicato de calcio hidratado y otros compuestos cementantes (Kosmatka et al., 1992).

a) Características mineralógicas y químicas del rastrojo de maíz

• Composición química

Tabla 2.10. Composición química de la ceniza de rastrojo de maíz.

COMPONENTE	SIMBOLGÍA	PORCENTAJE EXISTENTE
Silicio	(SiO_2)	70.20%
Aluminio	(Al_2O_3)	0.88%
Calcio	(CaO)	5.10%

Fuente: (Galicia y Velásquez, 2016).

- Composición mineralógica

Tabla 2.11. Componentes minerales mayoritarios (xxx), secundarios (xx) y minoritarios o posibles (x) en las muestras de maíz.

MINERAL	FÓRMULA	COMPONENTES MINERALES				
		MX-R1-HG-1	MX-R1-HG-2	MX-R2-HG-3	MX-H-HG-4	MX-T-HG-5
Calcita	CaCO_3	x	xx		Muy amorfa, imposible de identificar.	xx
Hidrógeno Pirofosfático Potásico	$\text{K}_3\text{HP}_2\text{O}_7$	x	xx			x
Silvina	KCl	x	xx	x		xxx
Cuarzo	SiO_2	xx	xxx	xx		
Anortita	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	xx				
Sanidina	$(\text{Na},\text{K})\text{AlSi}_3\text{O}_8$	xxx	xxx	xx		xxx
Albita	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$		x			
Cristobalita	SiO_2	xx				
Caolinita	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$		xx			x
	$\text{Na}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_3$	xxx				
	$\text{KCa}(\text{PO}_3)_3$	xxx				x
Mica Moscovita	$\text{KMgAlSi}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$		x			

Fuente: Cruz (como se citó en Galicia y Velásquez, 2016).

2.2.8. Diseño de mezclas

2.2.8.1. Definición

El diseño de mezclas se define como la técnica que permite obtener la combinación más práctica de los diferentes elementos que forman parte del concreto, con el objetivo de obtener una mezcla con la trabajabilidad requerida, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse (Rivera, s.f.).

2.2.8.2. Método ACI-211

El diseño de mezclas para el presente trabajo de investigación se realizará con el método de la American Concrete Institute (ACI 211) el cual consiste en determinar mediante tablas empíricas las proporciones en peso y volumen de los componentes del concreto; este método también permite realizar el ajuste por humedad de los agregados y la corrección respectiva (Rivva, 2010).

2.2.8.3. Pasos para la elaboración del diseño de mezclas

Asumiendo que se conocen las propiedades de todos los elementos que forman parte de la mezcla de concreto tales como el peso específico, análisis granulométrico, contenido de humedad, porcentaje de absorción y peso unitario suelto seco de los agregados fino y agregado grueso se procede tal como se indica a continuación:

a) Selección de la resistencia promedio

Cuando se tiene una base de datos que permita conocer la desviación estándar entonces la resistencia promedio requerida se puede calcular aplicando la fórmula que se presenta en la tabla 2.12 (American Concrete Institute [ACI], 2002). En caso no se cuente con el valor de la desviación estándar, el comité del ACI indica que se puede determinar la resistencia promedio requerida aplicando las expresiones indicadas en la tabla 2.13.

Tabla 2.12. Determinación de la resistencia promedio conociendo la desviación estándar.

Resistencia promedio requerida f'_{cr}	
f'_{cr}	$f'_c + 1.4s$
f'_{cr}	$f'_c + 2.33s - 35$

Fuente: (ACI, 2002).

Tabla 2.13. Determinación de la resistencia promedio sin desviación estándar.

f'_c (Kg/cm ²)	f'_{cr}
Menos de 210 Kg/cm ²	$f'_c + 70$
De 210 a 350	$f'_c + 84$
Más de 350	$f'_c + 98$

Fuente: (ACI, 2002).

b) Selección del tamaño máximo nominal

La norma de estructuras (E-060) del reglamento nacional de edificaciones indica que la selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe de sobrepasar los siguientes límites:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- 1/3 del peralte de la losa; o
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de pre – esfuerzo.

c) Selección del asentamiento

La consistencia es una de las propiedades del concreto en estado fresco que da la idea del grado de humedad y el nivel de trabajabilidad que presenta la mezcla. Según el comité ACI se puede seleccionar un valor de asentamiento en función de la consistencia que se requiere, aplicando los valores de la tabla N° 2.14. (ACI, 2002).

Tabla 2.14. Asentamiento del concreto.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca	0" (0 mm) a 2" (50 mm)
Plástica	3" (75 mm) a 4" (100 mm)
Fluida	$\geq 5"$ (125 mm)

Fuente: (ACI, 2002).

d) Determinación del contenido de aire atrapado

El ACI 211 establece en base al tamaño máximo nominal del agregado grueso el porcentaje del contenido de aire atrapado que pueda existir en una mezcla de concreto. La tabla N° 2.15 indica la cantidad aproximada de contenido de aire atrapado que se espera encontrar en concretos sin aire incluido.

Tabla 2.15. Contenido de aire atrapado en función al tamaño máximo nominal.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	% DE AIRE ATRAPADO
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
4"	0,2%

Fuente: (ACI, 2002).

e) Determinación del volumen unitario de agua de mezcla

La demanda de agua en las mezclas se debe a aspectos de trabajabilidad, adherencia e hidratación. La tabla 2.16. muestra el requerimiento de agua en la mezcla, que está en función del asentamiento, el tamaño máximo nominal (TMN), la gradación del agregado grueso y de si presenta o no aire incorporado (ACI, 2002).

Tabla 2.16. Volumen unitario de agua en función al asentamiento, tamaño máximo nominal y aire incorporado.

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Asentamiento	Agua, en 1m3, para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
	Concretos sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
	Concretos con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: (ACI, 2002).

f) Elección de la relación agua – cemento (a/c)

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación agua cemento a/c, es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad. Este factor se considera como el más importante debido a que define los requisitos de resistencia y durabilidad (ACI, 2002).

Para el presente trabajo de investigación se consideró el criterio por resistencia, por lo que el valor de la relación agua cemento se tomó de la siguiente tabla:

Tabla 2.17. Relación agua- cemento a/c en función de la resistencia a la compresión promedio y el contenido de aire atrapado.

Resistencia a la compresión a los 28 días (f 'cr) (Kg/cm2)	Relación agua/cemento del diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: (ACI, 2002).

g) Cálculo del volumen de cemento

Calculado el volumen unitario de agua y la relación agua cemento, determinamos el factor cemento el cual luego permite obtener el volumen de cemento por unidad de volumen de concreto.

$$\text{Factor}_{\text{cemento}} = \frac{\text{Volumen de agua de mezcla}}{a/c} \quad \dots (6)$$

$$\text{Volumen}_{\text{cemento}} = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{Peso específico del cemento}} \quad \dots (7)$$

h) Cálculo del volumen de agregado grueso

El volumen del agregado grueso se puede determinar multiplicando el factor que se obtiene de la tabla N° 2.18, el cual está en función del tamaño máximo nominal y del módulo de fineza, por la relación que existe entre el peso unitario compactado del agregado grueso y su peso específico tal como se indica en la expresión 8.

$$\text{Volumen}_{A.Grueso} = \text{factor} \times \frac{PUSC (\text{Agregado grueso})}{\text{Peso específico (Agregado grueso)}} \quad \dots (8)$$

Tabla 2.18. Factores para determinar el volumen de agregado grueso en función del módulo de fineza y del tamaño máximo nominal (TMN).

TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO GRUESO		Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diferentes MF de agregado. Fino			
		MODULO DE FINEZA DE AGREGADO FINO			
mm	plg	2.4	2.6	2.8	3
10	3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	4"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: (ACI, 2002).

i) Calculo del volumen de agregado fino

Considerando que los cálculos de los componentes son por metro cúbico de concreto entonces por diferencia se puede calcular el volumen de agregado fino.

$$Volumen_{A.Fino} = 1 - (Vol_{agua} + Vol_{cemento} + Vol_{A.Grueso} + Vol_{aire atrapado}) \dots (9)$$

j) Calculo de los componentes en peso

Para determinar las proporciones en peso de los componentes del concreto se multiplica los volúmenes absolutos por sus respectivos pesos específicos.

$$Peso (Kg) = Volumen absoluto \times Peso específico \dots (10)$$

k) Corrección del diseño por humedad y absorción

Se debe considerar la humedad que presentan los agregados por ello es que se debe corregir su peso seco añadiendo el contenido de humedad que presentan (ACI, 2002).

$$Peso corregido = Cont. de humedad \times Peso de agregados \dots (11)$$

El contenido de humedad y su capacidad de absorción presente en los agregados generan una variación en la cantidad de agua total de la mezcla pudiendo esta incrementarse o reducirse. Esto se determina mediante la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción tal como se indica en la siguiente expresión:

$$Agua efectiva = Cont. de humedad - \% de Absorción \dots (12)$$

$$\text{Contribución de agua} = \text{Peso agregado} \times \text{agua efectiva} \quad \dots (13)$$

$$\text{Agua final} = \text{Peso del agua} - \text{contribución de agua} \quad \dots (14)$$

2.3.GLOSARIO DE TERMINOS BÁSICOS

- **Concreto:** Es un material de uso común que se obtiene debido a la mezcla de tres componentes fundamentales, cemento, agua y agregados a los cuales se le puede o no agregar un cuarto componente denominado aditivo.
- **Cemento Portland:** Es un material pulverizado muy fino de color verdoso que se obtiene debido al proceso de molienda del Clinker más un porcentaje de yeso entre (3 a 4%) para regular la fragua del cemento. Esencialmente es un Clinker, producto de la cocción a elevadas temperaturas de materias que en su composición presentan contenidos de cal, alúmina, fierro y sílice en cantidades determinadas.
- **Cemento Portland Puzolánico:** Son cementos portland adicionados que además de su composición de Clinker y yeso presentan dos o más constituyentes inorgánicos los cuales van a contribuir a mejorar las propiedades del cemento.
- **Cemento Portland Puzolánico Tipo IP:** Es aquel cemento que en su composición presenta una adición de puzolana entre (15% y 40%).
- **Aditivo:** Son sustancias que al ser añadidas a los componentes básicos del concreto, producen variaciones en sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido.
- **Agregado:** Denominados áridos, son partículas inorgánicas de origen natural o artificial empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero.
- **Agregado Fino:** Es aquel material proveniente de la desintegración natural de las rocas, normalmente es la arena o piedra natural de dimensiones muy reducidas que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8").
- **Agregado Grueso:** Es aquel material proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas, el agregado puede ser piedra chancada, grava, retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- **Concreto simple:** Mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua.
- **Pasta de Cemento:** Mezcla de cemento y agua.
- **Piedra partida o Chancada:** Agregado grueso, obtenido por la trituración artificial de rocas o gravas.
- **Calor de Hidratación:** Es una reacción química generada por el cemento en combinación con el agua.
- **El cono de Abrams:** Es un instrumento metálico que se emplea para determinar la consistencia del concreto en su estado fresco y de esta manera medir la fluidez o plasticidad de la mezcla.
- **Consistencia:** Propiedad fundamental del concreto en su estado fresco que determina la mayor o menor facilidad para deformarse o adaptarse a una forma específica y esta influencia mayormente por la cantidad de agua en la mezcla.
- **Fraguado:** Es el proceso mediante el cual la mezcla de concreto pierde plasticidad y pasa del estado fluido a un estado sólido formándose un bloque rígido.
- **Endurecimiento:** Es el desarrollo lento de la resistencia del concreto.
- **Granulometría:** Distribución de los tamaños de las partículas de agregado que constituyen una masa.
- **Durabilidad del concreto:** Es la resistencia que ofrece el concreto en su estado sólido durante su vida útil ya sea al ataque de agentes agresivos que pueden ser mecánicos, físicos y químicos.
- **Resistencia a la compresión:** Es la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², dicha resistencia es cuantificada a los 28 días después de vaciado el concreto.

- **Curado del concreto:** Es el proceso mediante el cual el concreto es sometido a condiciones de humedad y temperatura para lograr la completa hidratación del cemento y garantizando de esta manera la resistencia requerida.
- **Asentamiento:** Es el grado de fluidez de la mezcla e indica qué tan seco o fluido está el concreto.
- **Trabajabilidad:** Es la facilidad que posee el concreto al momento de ser mezclado, manipulado y puesto en obra, presentando poca pérdida de la homogeneidad de la mezcla de concreto.
- **Malla:** Es una estructura metálica formada por un conjunto de elementos que se cruzan entre sí.
- **Relación agua / cemento:** Es el cociente entre las cantidades de agua y de cemento existentes en el hormigón fresco, el cual influye considerablemente sobre la resistencia del concreto.
- **Cantera:** Es el lugar o espacio delimitado de donde se extrae piedra u otros materiales de construcción.
- **Rastrojo:** Es el conjunto de restos de tallos y hojas que quedan en el terreno después de la cosecha.
- **Ceniza de rastrojo de maíz:** Es el producto final obtenido de la combustión del rastrojo de maíz en cuya composición presenta sustancias inorgánicas no combustibles.

2.4.HIPÓTESIS

Las cenizas de rastrojo de maíz mejoran la resistencia a la compresión axial y generan variaciones en la consistencia del concreto.

2.5.DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: • Cenizas de rastrojo de maíz Producto de la combustión del rastrojo de maíz el cual podría reemplazar parcialmente al cemento en morteros y hormigones resolviendo de esta manera la gestión del residuo y disminuyendo el consumo de cemento portland (Escalera et al, 2008).	Se denomina rastrojo a la planta seca que al ser calcinado a 400°C, alcanza un nivel de composición de Caolinita y sanidina que tienen alta composición de puzolana (Galicía y Velásquez, 2016).	Porcentaje de Ceniza de Rastrojo de Maíz.	Peso en kilogramos con respecto al cemento
Variable dependiente: • Resistencia a la compresión Es una de las propiedades más importantes del concreto endurecido que se define como la capacidad de soportar una carga axial por unidad de área (CARBAJAL, 1998).	Los datos se obtendrán mediante el ensayo de resistencia a la compresión establecido en la N.T.P 339.034.	Carga axial aplicada y área de sección.	Resistencia a la compresión a los 7 días Resistencia a la compresión a los 14 días Resistencia a la compresión a los 28 días
Variable dependiente: • Consistencia del concreto Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada (CASTILLO, 2009).	Los datos se obtendrán mediante el ensayo de asentamiento establecido en la N.T.P 339.035.	Asentamiento	Consistencia seca Slump de 0" a 2" Consistencia plástica Slump de 3" a 4" Consistencia fluida Slump de ≥ 5 "

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 ENFOQUE Y DISEÑO

3.1.1. Enfoque

El presente trabajo de investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo ya que para llegar a probar la hipótesis planteada se recurrió a mediciones numéricas que se obtuvieron mediante ensayos de laboratorio que se basaron en teorías establecidas y que permitieron obtener los resultados probatorios.

3.1.2. Diseño

El diseño del presente trabajo de investigación se consideró como experimental debido a que tuvo como objetivo determinar valores numéricos obtenidos mediante ensayos de laboratorio para determinar cuáles son los cambios que se producen en las propiedades del concreto (asentamiento y resistencia a la compresión) al sustituir cenizas de rastrojo de maíz a una mezcla tradicional en determinados porcentajes.

3.2 SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Población

La población de nuestro trabajo de investigación es conformada por todas las probetas diseñadas y elaboradas en el laboratorio de ensayos de materiales de la Universidad Nacional de Piura.

3.2.2. Muestra

Se estipuló una muestra conformada por 36 probetas de concreto distribuidas tal como se indica en la tabla 3.1

Tabla 3.1. Distribución de las muestras a ensayar.

ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL				
TIEMPO	CONTROL	% CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ		
	0.0%	3.0%	5.0%	8.0%
7 días	3	3	3	3
14 días	3	3	3	3
28 días	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

3.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

3.3.1. Proceso de obtención de la ceniza de rastrojo de maíz

- a) Como primer paso se hizo la recolección del rastrojo de maíz de zonas agrícolas ubicadas en la provincia de Morropón- Piura.
- b) Posteriormente se realizó la combustión del rastrojo de maíz en dos etapas:
 - Primera etapa:
Tuvo como finalidad realizar la combustión a campo abierto observándose a simple vista una composición mineralógica desfavorable ya que las cenizas luego de la combustión presentaban un color negro debido a que estaban parcialmente quemadas y a la presencia de carbono en ellas, en esta etapa el calor fue incontrolable pero no constante con el tiempo.
 - Segunda etapa:
Se utilizó un horno artesanal empleado para la fabricación de ladrillos artesanales (Figura 3.2). Las cenizas que se obtuvieron en la primera etapa fueron colocadas en el horno a altas temperaturas en varios recipientes cerrados con la finalidad de que no se contaminen con otros residuos. La calcinación de las cenizas tuvo una duración de 5 horas aproximadamente, obteniéndose un producto de color gris claro.
- c) Finalmente una vez enfriadas las cenizas de rastrojo de maíz, estas fueron molidas con ayuda de un molino artesanal con la finalidad de aumentar su reactividad y evitar desperdicios al momento de pasarlo por la malla normalizada número 50. (Figura 3.4).

3.3.2. Análisis granulométrico – Módulo de fineza (NTP 400.012).

3.3.2.1. Equipos y materiales

- Recipientes
- Balanza de precisión.
- Juego de tamices para agregado fino: 3/8", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100 y No. 200 (Tabla 3.2).
- Juego de tamices para agregado grueso: 1", 3/4", 1/2", 3/8", No. 4 y No. 8 (Tabla 3.3).

Tabla 3.2. Tamices estandarizados para análisis granulométrico del agregado fino.

Tamiz (ASTM)	Abertura (mm)
3/8"	9.50
N° 4	4.75
N° 8	2.36
N° 16	1.18
N° 30	0.60
N° 50	0.30
N° 100	0.15
N° 200	0.08

Fuente: ASTM C33

Tabla 3.3. Tamices estandarizados para análisis granulométrico del agregado grueso.

Tamiz (ASTM)	Abertura (mm)
2"	50.00
1 1/2"	37.50
1"	25.00
3/4"	19.00
1/2"	12.50
3/8"	9.50
N° 4	4.75
N° 8	2.36
N° 16	1.18

Fuente: ASTM C33

3.3.2.2. Procedimiento

- Se procedió a secar los agregados a temperatura ambiente.
- Se tomó una muestra representativa de cada tipo de agregado.
- Se dispusieron los tamices de mayor a menor diámetro.
- Se colocó cada muestra representativa en el tamiz superior del juego correspondiente para luego agitarlos de forma manual.
- Se pesó el contenido de agregado retenido en cada uno de los tamices.
- Finalmente se procedió a hacer los cálculos correspondientes que nos permitieron determinar el porcentaje que pasa y graficar la curva granulométrica.
- Con los porcentajes retenidos que se obtuvieron en la granulometría del agregado fino se determinó el módulo de fineza aplicando la expresión 1.

3.3.2.3. Toma y procesamiento de datos

a) Agregado Fino

Tabla 3.4. Granulometría - Agregado fino.

Tamiz #	Tamaño de tamiz en mm	Peso retenido	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	% Retenido Acumulado	% que pasa
3/8"	9.500	0.00	0.00%	-	0.00%	100.00%
N°4	4.750	8.78	3.51%	8.780	3.51%	96.49%
N°8	2.360	25.90	10.36%	34.680	13.87%	86.13%
N°16	1.180	53.45	21.38%	88.130	35.25%	64.75%
N°30	0.600	59.54	23.82%	147.670	59.07%	40.93%
N°50	0.300	53.43	21.37%	201.100	80.44%	19.56%
N°100	0.150	40.31	16.12%	241.410	96.56%	3.44%
N°200	0.075	8.03	3.21%	249.440	99.78%	0.22%
Fondo		0.56	0.22%	250.000	100.00%	0.00%
Total		250.00	100.00%			

Fuente: Elaboración propia.

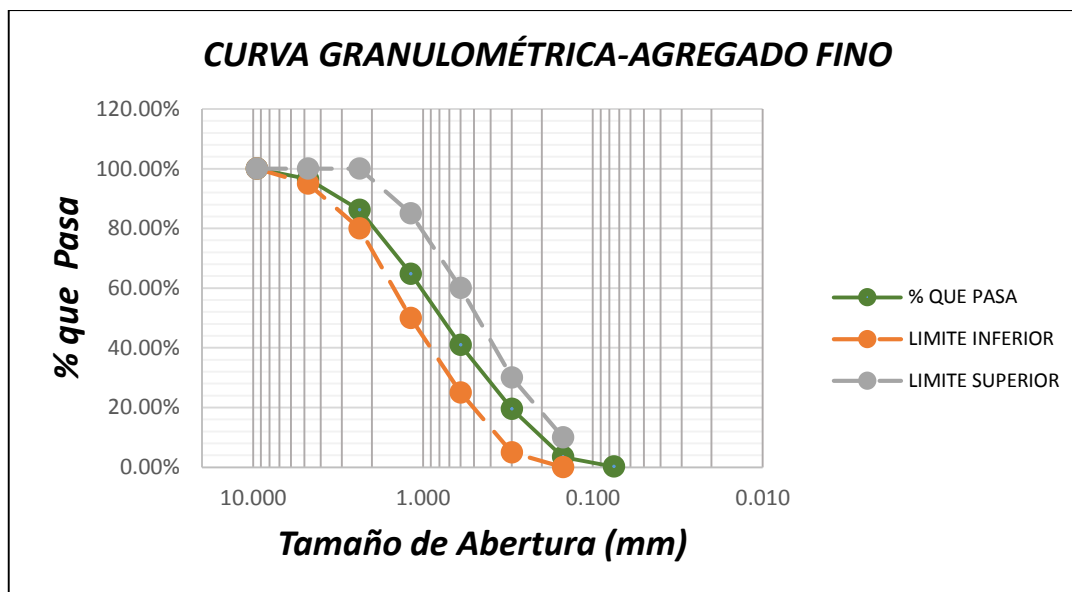


Gráfico 3.1. Curva Granulométrica-Agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

b) Agregado Grueso

Tabla 3.5. Granulometría-Agregado grueso

Tamiz #	Tamaño de tamiz en mm	Peso retenido	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	% Retenido Acumulado	% que pasa
1"	25.000	0.00	0.00%	-	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	-	0.00%	100.00%
1/2"	12.500	1976.00	32.87%	1,976.000	32.87%	67.13%
3/8"	9.500	2400.00	39.92%	4,376.000	72.79%	27.21%
N°4	4.750	1574.00	26.18%	5,950.000	98.97%	1.03%
N°8	2.360	46.30	0.77%	5,996.300	99.74%	0.26%
Fondo		15.70	0.26%	6,012.000	100.00%	0.00%
Total		6012.00	100.00%			

Fuente: Elaboración propia.

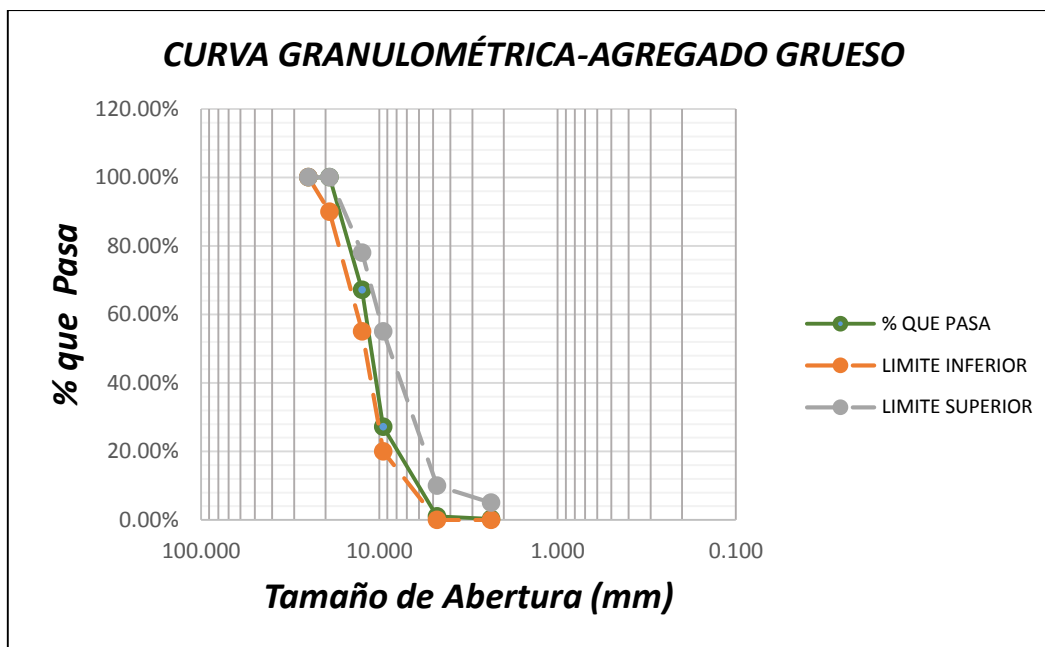


Gráfico 3.2. Curva Granulométrica-Agregado grueso.
Fuente: Elaboración propia.

Al realizar los ensayos de análisis granulométrico tanto para el agregado fino como grueso, se demostró que las curvas granulométricas respectivas se encuentran dentro de los límites superior e inferior que establece la norma en lo referente a las especificaciones para agregados en la elaboración de concreto (NTP 400.037), demostrando así que tienen una buena gradación en sus partículas.

Para la muestra de agregado fino ensayada se obtuvo un módulo de fineza equivalente a 2.89 (Tabla 3.6), este valor se encuentra dentro del rango de valores establecidos en la norma NTP 400.037 y ASTM C33.

Tabla 3.6. Módulo de fineza.

MÓDULO DE FINEZA		
TAMIZ	ABERTURA (mm)	% Retenido
3/8"	9.5	0.00
N°4	4.75	3.51
N°8	2.36	13.87
N°16	1.18	35.25
N°30	0.6	59.07
N°50	0.3	80.44
N°100	0.15	96.56
MF: 2.89		

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Peso unitario seco suelto y compactado (NTP 400.017).

3.3.3.1. Equipos y materiales

- Balanza de precisión.
- Recipiente cilíndrico
- Varilla de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud con punta redondeada.

3.3.3.2. Procedimiento

- **Peso unitario suelto**
 - a) Se calculó y anotó el peso y volumen del recipiente.
 - b) Con la ayuda de una pala o cuchara vertimos el agregado en el recipiente cilíndrico desde una altura aproximada de 5cm por encima de la parte superior del recipiente hasta llenarlo.
 - c) Se procedió a determinar el peso del recipiente más el material.
- **Peso unitario compactado**
 - a) Se calculó y anotó el peso y volumen del recipiente de medida.
 - b) Se vertió el material en el recipiente con una cuchara hasta la tercera parte de su altura cuidando que la altura de caída sea de 5cm aproximadamente sobre el borde superior.
 - c) Se procedió a dar 25 golpes con la varilla para compactar el material sin que la varilla toque el fondo del recipiente vibrando simultáneamente el recipiente en el suelo para que el material se acomode y los finos llenen la mayor cantidad de vacíos y por consiguiente su peso sea el mayor posible.
 - d) Se repitieron los dos pasos anteriores con las otras dos capas cuidando que el golpe con la varilla no llegue a la capa inmediata inferior.
 - e) Se agregó material hasta que rebalse el molde y se enrasó con ayuda de la varilla.
 - f) Se determinó el peso del molde más el material.

3.3.3.3. Toma y Procesamiento de datos

Para poder determinar el peso unitario suelto y compactado de los agregados se aplican las expresiones 3 y 4.

Tabla 3.7. Peso unitario suelto seco (PUSS) - Agregado grueso

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)		
AGREGADO GRUESO	Peso-Molde	2.672 Kg
	Volumen-Molde	0.0027 m3
Peso _(molde + muestra 01)	6.716 Kg	
Peso _(molde + muestra 02)	6.708 Kg	
Peso _(molde + muestra 03)	6.700 Kg	
Peso _(promedio)	6.708 Kg	
PUSS	1,474 Kg/m3	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.8. Peso unitario suelto seco (PUSS) - Agregado fino

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)		
AGREGADO FINO	Peso-Molde	2.672
	volumen-Molde	0.0027 m3
Peso(molde + muestra 01)	7.019 Kg	
Peso(molde + muestra 02)	7.022 Kg	
Peso(molde + muestra 03)	7.014 Kg	
Peso(promedio)	7.018 Kg	
PUSS	1,587 Kg/m3	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.9. Peso unitario compactado seco (PUCS) - Agregado grueso

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO(PUCS)		
AGREGADO GRUESO	Peso-Molde	2.672 Kg
	Volumen-Molde	0.0027 m3
Peso(molde + muestra 01)	6.929 Kg	
Peso(molde + muestra 02)	6.934 Kg	
Peso(molde + muestra 03)	6.930 Kg	
Peso(promedio)	6.931 Kg	
PUCS	1,555 Kg/m3	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.10. Peso unitario compactado seco (PUCS) - Agregado fino

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO(PUCS)		
AGREGADO FINO	Peso-Molde	2.672 Kg
	volumen-Molde	0.0027 m3
Peso(molde + muestra 01)	7.449 Kg	
Peso(molde + muestra 02)	7.441 Kg	
Peso(molde + muestra 03)	7.459 Kg	
Peso(promedio)	7.450 Kg	
PUCS	1,744 Kg/m3	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Contenido de humedad.

El ensayo de contenido de humedad para el agregado fino y grueso se realizó en base a lo establecido en la (NTP 339.127).

3.3.4.1. Equipos y materiales

- Balanza de precisión.
- Taras para contenido de humedad.
- Horno eléctrico

3.3.4.2. Procedimiento

- a) Se colocó una cantidad de la muestra de agregado en estado natural dentro de un recipiente y se pesa.
- b) Se colocó la muestra en el horno a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.
- c) Se retiró la muestra del horno y se procedió a pesarla nuevamente hasta llegar a un peso constante.

3.3.4.3. Toma y Procesamiento de datos

Para determinar el contenido de humedad del agregado grueso y agregado fino se aplica la expresión 5.

Tabla 3.11. Contenido de humedad - Agregado fino.

CONTENIDO DE HUMEDAD W%		
AGREGADO FINO	Peso-Tara	49.6 gr
	M1 (gr)	M2 (gr)
Peso _(tara + muestra húmeda)	292.50	290.50
Peso _(tara + muestra seca)	292.20	290.10
Peso _(muestra seca)	242.60	240.50
W%	0.13	0.17
W% Promedio	0.146%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.12. Contenido de humedad - Agregado grueso.

CONTENIDO DE HUMEDAD W%		
AGREGADO GRUESO	Peso-Tara	49.6 gr
	M1 (gr)	M2 (gr)
Peso _(tara + muestra húmeda)	327.8	325.7
Peso _(tara + muestra seca)	327.4	325.3
Peso _(muestra seca)	277.8	275.7
W%	0.160	0.145
W% Promedio	0.151%	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.5. Peso específico y porcentaje de absorción - Agregado fino.

Para determinar el peso específico del agregado fino se siguió el procedimiento establecido en la (NTP 400.022).

3.3.7.1. Equipos y materiales

- Balanza
- Horno eléctrico.
- Picnómetro
- Molde cónico metálico.
- Apisonador de metal.
- Bomba de vacíos.

3.3.7.2. Procedimiento

- a) Se determinó el peso del picnómetro lleno con agua hasta los 500 ml
- b) Se cuartea el material hasta obtener una muestra de 2 Kg, esta muestra se pasa por el tamiz N°4 para luego colocarla en horno a una temperatura de 110°C, se enfría a temperatura ambiente por un aproximado de 2 horas para finalmente sumergirla por 24 horas en un balde con agua.
- c) Luego de retirar la muestra se procedió a colocarla en el cono metálico hasta la tercera parte procediendo a darle 25 golpes con el apisonador. Esta operación se repite 3 veces hasta completar la altura del cono.
- d) Se completa la acción anterior enrasando el material y retirando el cono. En esta acción se pueden observar tres situaciones:
 - Si el material queda en forma tronco-cónica entonces tiene más humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
 - Si la muestra queda en forma cónica terminada en punta sin desmoronarse tiene la humedad correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
 - Si la muestra se desmorona entonces tiene menos humedad que la que correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
- e) Al conseguir el estado saturado superficialmente seco del agregado fino entonces procedimos a pesar 500 gr de muestra en el picnómetro mientras que otros 500 gr los pusimos a secar en el horno.
- f) Se llenó el picnómetro hasta un nivel aproximado a los 500ml y con la bomba de vacíos o de forma manual se le quitan los vacíos que tengan el material hasta observar que se eliminen las burbujas de aire.
- g) Se añadió agua hasta el nivel de 500ml anotándose su peso
- h) Se anotó el peso de la muestra secada al horno.

3.3.7.3. Toma y procesamiento de datos

Tabla 3.13. Peso específico y Absorción - Agregado fino

PESO ESPECÍFICO Y % DE ABSORCIÓN	
AGREGADO FINO	Muestra 01
Peso de la muestra seca (gr)	150.00
Peso del picnómetro + agua (gr)	411.50
Peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	504.50
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	151.10
Peso específico (gr/cm³)	2.58
Absorción (%)	0.70

Fuente: Elaboración propia.

3.3.6. Peso específico y porcentaje de absorción - Agregado grueso.

Para determinar el peso específico del agregado fino se siguió el procedimiento establecido en la (NTP 400.021).

3.3.6.1. Equipos y materiales

- Balanza.
- Cesta cilíndrica.
- Balde.
- Horno eléctrico.

3.3.6.2. Procedimiento

- a) Se lavó la muestra para eliminar el polvo u otras sustancias extrañas que puedan estar adheridas a la superficie de las partículas
- b) Se puso a secar en el horno a temperatura constante de 110 C durante 24 horas, después de transcurrido este tiempo se retira la muestra del horno y se pone a enfriar a temperatura ambiente por 3 horas aproximadamente.
- c) Luego la muestra se sumergió en un depósito con agua por 24 horas para su saturación.
- d) Transcurrido el tiempo de saturación se vació el agua y se le fue quitando la humedad superficial con una tela apropiada hasta conseguir que toda su superficie quede sin agua.
- e) Se anotó el peso de material en estado saturado superficialmente seco.
- f) Se colocó la muestra pesada en la cesta cilíndrica y se determina el peso de la muestra sumergida completamente dentro del balde, conectando el cesto a la balanza.
- g) Se volvió a colocar la muestra en el horno a temperatura de 110 C por 16 horas hasta lograr un peso constante, se enfrió a temperatura ambiente por 1 a 3 horas y se anota su peso.

3.3.6.3. Toma y Procesamiento de datos

Tabla 3.14. Peso específico y Absorción - Agregado grueso.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	
AGREGADO GRUESO	M1
Peso de la muestra seca al aire (gr)	2570.60
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	2592.00
Peso de la muestra saturada sumergida en agua (gr)	1650.50
Peso específico (gr/cm³)	2.72
Absorción (%)	0.84

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de absorción se usan para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de los poros dentro de las partículas constituyentes, en comparación con la condición seca, cuando se considera que el agregado ha estado en contacto con el agua el tiempo suficiente para cumplir con la mayor parte del potencial de absorción.

3.3.7. Diseño de mezclas

Este paso consistió en elaborar el diseño de mezclas de un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ el cual nos permitió determinar las proporciones en peso y volumen de los componentes que forman parte del concreto. El diseño de mezclas se elaboró por el método A.C.I 211.

3.3.10.3. Caracterización de los elementos componentes del concreto

a) Características de los agregados

Luego de los diferentes ensayos realizados a los agregados se obtuvieron los resultados que se sintetizan en la siguiente tabla.

Tabla 3.15. Características físicas de los agregados para el diseño de mezclas.

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS			
PROPIEDADES	UND	AGREGADO	
		FINO	GRUESO
Tamaño máximo nominal	-	-	1/2"
Peso unitario seco compactado	kg/m ³	1744.0	1555.0
Peso específico	gr/cm ³	2.59	2.72
Absorción	%	0.7	0.84
Contenido de humedad	%	0.15	0.15
Módulo de fineza	-	2.89	-

Fuente: Elaboración propia.

b) Características del cemento

Tabla 3.16. Tipo y peso específico del cemento.

CARACTERISTICAS DE CEMENTO	
Tipo de cemento	TIPO-MS
Peso específico	2.9 gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia.

c) Características del agua

Tabla 3.17. Peso específico del agua de mezcla.

CARACTERISTICAS DEL AGUA	
Agua potable	N.T.P 339.088
Peso específico	1000 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

3.3.10.4. Procedimiento

a) Cálculo de la resistencia promedio requerida

Para el presente trabajo de investigación trabajamos con una resistencia a la compresión equivalente a 210 kg/cm², este valor se tomará como patrón para los cálculos posteriores.

La resistencia a la compresión promedio para el diseño se determinó tomando en cuenta lo indicado en la tabla 2.13.

Tabla 3.18. Cálculo de la Resistencia promedio f'_{cr} .

RESISTENCIA PROMEDIO f'_{cr}	
f'_c	210 kg/cm ²
f'_{cr}	210 + 84
f'_{cr}	294 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

b) Elección del Asentamiento

Para el diseño de mezclas planteado se consideró tener una consistencia plástica por lo que en base a lo indicado en la tabla 2.14 se seleccionó un asentamiento equivalente a 4".

Slump	4"
-------	----

c) Selección del Tamaño Máximo Nominal

De acuerdo al análisis granulométrico realizado al agregado grueso se determinó que:

TMN	1/2"
-----	------

d) Determinación del volumen de agua de diseño

Para determinar el volumen unitario de agua nos dirigimos a la tabla 2.16 en la cual se indica este valor en función al Tamaño Máximo Nominal (TMN), el slump y teniendo en cuenta si la mezcla tiene o no aire incorporado. Para el caso de nuestra investigación tenemos un TMN de 1/2", un slump de 4" y no se incorporó aire; por lo que obtuvimos el siguiente valor:

Volumen Unitario de Agua	216 L	0.216 m ³
---------------------------------	-------	----------------------

e) Estimación de la relación agua-cemento

Debido a la naturaleza del trabajo de investigación se estimó la relación agua-cemento tomando en cuenta el criterio de resistencia. Esto se determinó en base a la tabla 2.17 la cual muestra valores en función de la resistencia a la compresión promedio f'_{cr} y dependiendo si el concreto presentara o no aire incorporado.

Para un $f'_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$

300	-----	0.55
294	-----	X
250	-----	0.62

$$\frac{300 - 250}{300 - 294} = \frac{0.55 - 0.62}{0.55 - X}$$

Relación Agua- Cemento (a/c)	0.56
-------------------------------------	------

f) Cálculo del factor cemento y volumen del cemento

Aplicando las expresiones 7 y 8 calculamos el volumen de cemento en m³.

Tabla 3.19. Cálculo del volumen de cemento.

VOLUMEN DEL CEMENTO (m³)	
Volumen unitario de agua (lt)	216
Relación agua cemento (a/c)	0.56
Factor cemento	386.1
Peso específico del cemento (Kg/m³)	2900
Volumen del cemento (m³)	0.1333

Fuente: Elaboración propia.

g) Cálculo del volumen del Agregado Grueso

Para determinar el volumen de agregado grueso nos dirigimos a la tabla 2.18 en la cual determinamos un factor que está en función del módulo de fineza y del tamaño máximo nominal (TMN). Para el caso de nuestra investigación tenemos un módulo de fineza de 2.89 y un TMN de 1/2". luego de determinar el factor aplicamos la expresión 9 quedando los datos indicados en la tabla 3.20.

$$\begin{array}{rcl} 2.8 & \text{-----} & 0.55 \\ 2.89 & \text{-----} & X \\ 3.0 & \text{-----} & 0.53 \end{array}$$

$$\frac{2.8 - 3.0}{2.89 - 3.0} = \frac{0.55 - 0.53}{0.55 - X}$$

$$X = 0.54$$

Tabla 3.20. Cálculo del volumen de agregado grueso.

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO (m3)	
Factor	0.54
Peso unitario compactado del agregado grueso (PUCS) (kg/m3).	1555
Peso específico del agregado grueso (kg/m3).	2720
Volumen del agregado grueso (m3)	0.31

Fuente: Elaboración propia.

h) Determinación del contenido de aire atrapado

En base a los porcentajes indicados en la tabla 2.15 el contenido de aire atrapado fue de:

% de aire atrapado	2.5%	0.025 m3
--------------------	------	----------

Tabla 3.21. Cálculo del volumen de Agregado fino.

Material	Volumen (m3)
Agua de mezcla	0.216
Cemento	0.133
Agregado grueso	0.31
Aire atrapado	0.025
Agregado Fino	0.31

Fuente: Elaboración propia.

i) Determinación del volumen del Agregado fino

Considerando que los cálculos hasta ahora realizados son para un metro cubico de concreto entonces por diferencia obtenemos el volumen del agregado fino (Tabla 3.21).

j) Determinación del peso de los componentes de la mezcla de concreto

Tabla 3.22. Peso de los componentes de la mezcla del concreto patrón.

Material	Volumen (m3)	Peso Específico (kg/m3)	Peso (kg)
Cemento	0.13	2900.00	386.80
Agregado Grueso (piedra chancada de 1/2")	0.31	2720.00	841.26
Agregado Fino	0.31	2590.00	819.31
Agua	0.22	1000.00	216.00
Aire atrapado (2.5%)	0.03	-	-
Total	1.00		2263.37

Fuente: Elaboración propia.

k) Corrección por humedad

De la tabla 3.15 obtenemos los valores correspondientes al contenido de humedad tanto del agregado grueso como del agregado fino.

Tabla 3. 23. Corrección por humedad de los agregados.

Corrección por humedad de los agregados		
Agregado fino	$(1 + 0.15\%) \times 819.31$	820.54 kg
Agregado Grueso	$(1 + 0.15\%) \times 841.26$	842.52 kg

Fuente: Elaboración propia.

l) Cálculo del agua final de mezcla

Aplicando las expresiones 12, 13 y 14 obtuvimos el volumen final de agua de mezcla

Tabla 3. 24. Cálculo del agua final de mezcla.

Cálculo del agua final de mezcla		
Agua (agregado fino)	0.15% - 0.70%	-0.0055
Agua (agregado grueso)	0.15% - 0.84%	-0.0069
Contribución (agregado fino)	820.54×-0.0055	-4.51 lt
Contribución (agregado grueso)	842.52×-0.0069	-5.80 lt
Agua final de mezcla	$216 - (-4.51 - 5.80)$	226.31 lt

Fuente: Elaboración propia.

3.3.10.5. Dosificación en peso

a) Dosificación final por 1 m3 de concreto

Tabla 3. 25. Dosificación final por 1 M3 de concreto.

MATERIAL	PESO (kg)	VOLUMEN (m3)	DOSIFICACION EN PESO
	1 m3	1 m3	
Cemento	386.80	0.13	1.0
Agregado Grueso (piedra chancada de 1/2")	842.52	0.31	2.2
Agregado Fino	820.54	0.31	2.1
Agua	226.31	0.23	-
Total	2276.17	0.99	-

Fuente: Elaboración propia.

b) Dosificación final para una probeta circular de concreto patrón.

Tabla 3. 26. Dosificación en peso y volumen para una probeta de concreto patrón.

MATERIAL	PESO (kg)	VOLUMEN (m3)
Cemento	2.050	0.00071
Agregado Grueso (piedra chancada de 1/2")	4.465	0.00164
Agregado Fino	4.349	0.00168
Agua	1.199	0.00120
Total	12.064	0.00523

Fuente: Elaboración propia.

c) Dosificación final para una probeta circular de concreto sustituido con cenizas.

Tabla 3. 27. Dosificación para el 3.0% de ceniza de rastrojo de maíz en Kg.

CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ AL 3.0%		
MATERIAL	PESO (kg)	
	1 m3	0.0053 m3
Cemento	375.19	1.989
Agregado Grueso (piedra chancada de 1/2")	842.52	4.465
Agregado Fino	820.54	4.349
3.0% de Cenizas de rastrojo de maíz	11.60	0.062
Agua	226.31	1.199
Total	2276.17	12.064

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. 28. Dosificación para el 5.0% de ceniza de rastrojo de maíz en kg.

CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ AL 5.0%		
MATERIAL	PESO (kg)	
	1 m3	0.0053 m3
Cemento	367.460	1.948
Agregado Grueso (piedra chancada de 1/2")	842.520	4.465
Agregado Fino	820.540	4.349
5.0% de Cenizas de rastrojo de maíz	19.340	0.103
Agua	226.310	1.199
Total	2276.170	12.064

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. 29. Dosificación para el 8.0% de ceniza de rastrojo de maíz en kg.

CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ AL 8.0%		
MATERIAL	PESO (kg)	
	1 m3	0.0053 m3
Cemento	355.856	1.886
Agregado Grueso (piedra chancada de 1/2")	842.520	4.465
Agregado Fino	820.540	4.349
8.0% de Cenizas de rastrojo de maíz	30.944	0.164
Agua	226.310	1.199
Total	2276.170	12.064

Fuente: Elaboración propia.

3.3.8. Elaboración de las probetas de concreto tradicional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

3.3.8.1. Equipos y materiales

- Mezcladora de concreto
- Balanza de precisión
- Buggy
- Pala
- Badilejo
- Recipientes
- Moldes de 15 x 30 cm
- Varilla lisa
- Martillo de goma
- Brocha

3.3.8.2. Procedimiento:

- a) Como primer paso se untó petróleo con la ayuda de una brocha en la superficie interna de los moldes con la finalidad que el concreto no quede adherido a estos al momento de desmoldarlos.
- b) Se realizó el pesaje de cada uno de los componentes de acuerdo a las proporciones previamente definidas en el diseño de mezclas.
- c) Se procedió a realizar el mezclado de los componentes para ello se utilizó una mezcladora de concreto de 4 p3 marca “Pitbull”.
- d) Se midió el asentamiento mediante el método del cono de Abrams (N.T.P 339.035).
- e) Se procedió a llenar cada molde con la mezcla preparada en 3 capas con un mismo volumen de concreto. Después de completar cada capa se procedió a compactar con la varilla lisa de 5/8” dando 25 golpes por capa.
- f) Después de cada capa compactada se golpeó de 10 a 15 veces las paredes externas del molde con un martillo de goma con la finalidad de acomodar la mezcla, eliminar aire atrapado y así evitar cangrejas en las muestras finales.
- g) Se enrazó la parte superior con la varilla de compactación y con el badilejo se alisó la superficie.
- h) Después de haber sido desmoldadas, se curaron las probetas inmediatamente, colocándolas en recipientes con agua potable. El agua debe cubrir completamente todas las caras de las probetas.

3.3.9. Elaboración de probetas de concreto adicionado con cenizas

Para la elaboración del concreto con cenizas de rastrojo de maíz adicionalmente a los procedimientos indicados anteriormente para elaborar el concreto patrón, se realizaron los siguientes pasos:

- a) Se realizó el pesaje de la ceniza de rastrojo de maíz considerando los diferentes porcentajes establecidos (3.0%, 5% y 8.0%) con respecto al peso total del cemento.
- b) Se reemplazó en la mezcla de concreto parte del cemento en los porcentajes establecidos (3.0%, 5.0% y 8.0%) con respecto a su peso, por las cenizas de rastrojo de maíz en ese mismo porcentaje.

3.3.10. Asentamiento del concreto

El ensayo para determinar el asentamiento del concreto se hizo de acuerdo a lo establecido en la N.T.P 339.035.

3.3.10.1. Equipos y herramientas

- Cono de abrams
- Varilla lisa de 5/8” de diámetro con punta redondeada
- Badilejo

3.3.10.2. Procedimiento

- a) Se humedeció la superficie interna del cono de Abrams con la finalidad que al levantar el cono no quede mezcla adherida.
- b) Se colocó el cono sobre una superficie plana que no sea absorbente
- c) Sosteniendo bien el cono desde la parte inferior para evitar que se deslice durante la realización del ensayo y utilizando un badilejo se procedió al vaciado del concreto. El vaciado se realizó en tres capas de tal forma que cada capa ocupe la tercera parte del cono.
- d) Por cada capa vaciada se realizaron 25 golpes con la varilla compactadora de manera uniforme, esta varilla debe tener la punta redondeada, una longitud de 60 cm y un diámetro de 5/8” aproximadamente. Los golpes se realizaron en forma de espiral, empezando en el perímetro y terminando en el centro de la sección.

- e) La primera compactación se hizo permitiendo que la varilla penetre hasta la base del cono mientras que para el compactado de las siguientes dos capas la varilla no debió tocar la capa inmediata inferior.
- f) Para el llenado de la tercera capa se dejó material por exceso sobre la superficie del cono, si luego de compactar se necesita de mayor cantidad de material para cubrir todo el volumen, entonces se añadirá la cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del cono. Luego de esta operación se enrazó con la varilla compactadora.
- g) Se levantó el cono cuidadosamente en dirección vertical evitando movimientos laterales y/o torsionales. Esta operación se realizó en 5 a 10 segundos.
- h) Finalmente se procedió a determinar el asentamiento que presenta la muestra, calculando la diferencia de altura que existe entre el centro de la muestra y el cono invertido.

3.3.11. Resistencia a la Compresión del concreto

Los ensayos de resistencia a la compresión de las probetas en análisis se realizaron para las edades de 7, 14, y 28 días de iniciado el curado. Para el ensayo de resistencia a la compresión uniaxial del concreto se siguieron los siguientes pasos, teniendo como base lo establecido en la N.T.P 339.034.

3.3.11.1. Equipos y herramientas

- Prensa hidráulica

3.3.11.2. Procedimiento

- a) Se tomaron como testigos para el presente ensayo probetas de 15 x 30 cm, las cuales fueron elaboradas con un concreto de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y con un concreto adicionado con cenizas de rastrojo de maíz al 3.0%, 5.0% y 8.0% con respecto al peso del cemento.
- b) Se realizó la medición de los diámetros en cada extremo de la probeta cilíndrica con el objetivo de sacar un promedio de ambas lecturas y hallar el diámetro de contacto efectivo.
- c) Con la finalidad de uniformizar la carga aplicada por la prensa de compresión debido a posibles irregularidades en las superficies de las probetas se colocaron los cabezales de metal en cada uno de los extremos.
- d) Se procedió a colocar las probetas sobre la prensa de compresión, iniciándose luego de esto la aplicación de la carga axial. La carga aplicada en un ensayo de compresión va en aumento hasta llegar a su máximo valor, momento en el cual se produce la falla del espécimen.
- e) Se anotó la carga máxima aplicada y la resistencia a la compresión obtenida.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

- a) **Técnicas de muestreo:** Simple
- b) **Técnicas de recolección de datos:** De laboratorio
- c) **Instrumentos de Recolección de datos:** La recolección y posterior procesamiento de datos obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio fue mediante hojas de cálculo elaboradas en el programa Microsoft Excel.
- d) **De análisis**
El análisis de los resultados obtenidos se hizo mediante gráficos en formato Excel producto de los datos ingresados a las hojas de cálculo elaboradas.
- e) **Confiabilidad y validez de los instrumentos**
Los instrumentos empleados en el presente trabajo de investigación están sustentados en confiable en bibliografía estudiada y tesis antes realizadas en investigaciones similares.

CAPÍTULO VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO

Tabla 4.1. Medición del asentamiento "Slump".

ENSAYO DE ASENTAMIENTO				
SLUMP	CONCRETO PATRÓN	CONCRETO CON CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ		
		3.00%	5.00%	8.00%
1ra Medición	9.3	7.5	6.5	2.5
2da Medición	10.2	8	5.5	3.5
Promedio (cm)	9.8	7.8	6.0	3.0
Promedio (plg)	3.8	3.1	2.4	1.2

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4.1 se puede observar los asentamientos que se obtuvieron mediante el ensayo del cono de Abrams (ASTM -C143) tanto para el concreto patrón como para los concretos sustituidos con cenizas. El asentamiento promedio para el concreto patrón fue de 3.8" (9.8 cm) mientras que para los concretos sustituidos con cenizas al 3.0%, 5.0% y 8.0% obtuvimos valores promedios de 3.1", 2.4" y 1.2" respectivamente.

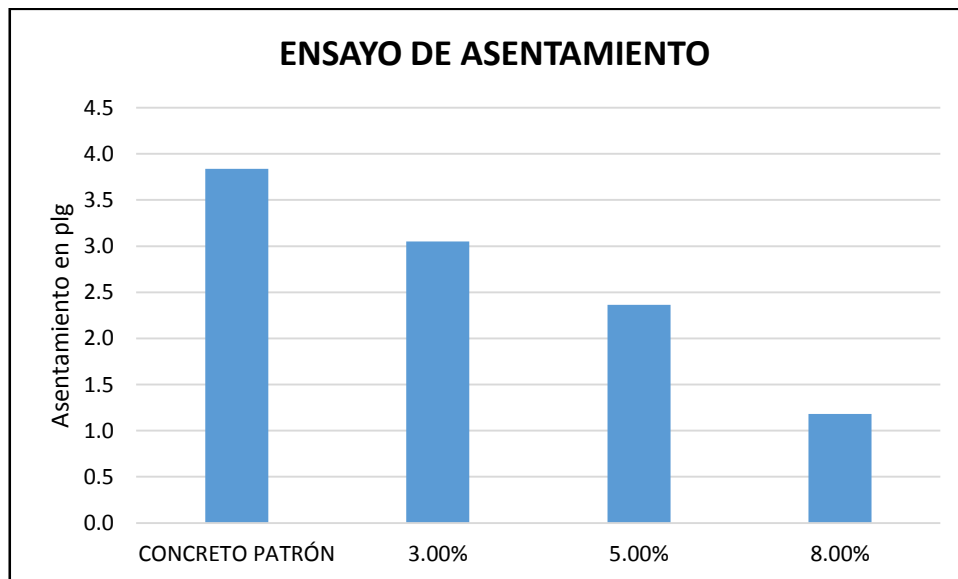


Gráfico 4.1. Ensayo de Asentamiento mediante el cono de Abrams.

Fuente: Elaboración propia

4.2.MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

4.2.1 Medición de la resistencia a la compresión del concreto patrón

Tabla 4.2. Resistencia a la compresión del concreto patrón a los 7 días.

7 DÍAS CONCRETO PATRÓN			
NUMERO DE PROBETA	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)
1	35321	199.9	191.7
2	33574	190.0	
3	32744	185.3	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3. Resistencia a la compresión del concreto patrón a los 14 días.

14 DÍAS CONCRETO PATRÓN			
NUMERO DE PROBETA	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)
1	39997	226.3	221.2
2	37392	211.6	
3	39883	225.7	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 4. Resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días.

28 DÍAS CONCRETO PATRÓN			
NUMERO DE PROBETA	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)
1	42515	240.6	225.1
2	38717	219.1	
3	38116	215.7	

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Medición de la resistencia a la compresión del concreto sustituido con el 3.0 % de cenizas de rastrojo de maíz

Tabla 4. 5. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 3.0% de CRM a los 7 días.

7 DÍAS CON 3.0% DE CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ			
NUMERO DE PROBETA	CARGA APLICADA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm2)
1	35856	202.9	183.4
2	29610	167.6	
3	31737	179.6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 6. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 3.0% de CRM a los 14 días.

14 DÍAS CON 3.0% DE CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ			
NUMERO DE PROBETA	CARGA APLICADA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm2)
1	39834	225.4	228.6
2	40926	231.6	
3	40449	228.9	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 7. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 3.0% de CRM a los 28 días.

28 DÍAS CON 3.0% DE CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ			
NUMERO DE PROBETA	CARGA APLICADA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm2)
1	46068	260.7	249.0
2	42605	241.1	
3	43329	245.2	

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Medición de la resistencia a la compresión del concreto sustituido con el 5.0 % de cenizas de rastrojo de maíz

Tabla 4.8. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 5.0% de CRM a los 7 días.

7 DÍAS CON 5.0% DE CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ			
NUMERO DE PROBETA	CARGA APLICADA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)
1	34872	197.3	177.8
2	30111	170.4	
3	29299	165.8	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 9. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 5.0% de CRM a los 14 días.

14 DÍAS CON 5.0% DE CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ			
NUMERO DE PROBETA	CARGA APLICADA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)
1	40179	227.4	226.6
2	39777	225.1	
3	40166	227.3	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.10. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 5.0% de CRM a los 28 días.

28 DÍAS CON 5.0% DE CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ			
NUMERO DE PROBETA	CARGA APLICADA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)
1	45146	255.5	243.0
2	40732	230.5	
3	42923	242.9	

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Medición de la resistencia a la compresión del concreto sustituido con el 8.0 % de cenizas de rastrojo de maíz

Tabla 4.11. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 8.0% de CRM a los 7 días.

7 DÍAS CON 8.0% DE CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ			
NUMERO DE PROBETA	CARGA APLICADA (Kg)	RESISTENCIA Kg/cm2	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm2
1	29773	168.5	176.0
2	33230	188.0	
3	30306	171.5	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.12. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 8.0% de CRM a los 14 días.

14 DÍAS CON 8.0% DE CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ			
NUMERO DE PROBETA	CARGA APLICADA (Kg)	RESISTENCIA Kg/cm2	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm2
1	37434	211.8	218.9
2	37940	214.7	
3	40696	230.3	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.13. Resistencia a la compresión del concreto sustituido con 8.0% de CRM a los 28 días.

28 DÍAS CON 8.0% DE CENIZAS DE RASTROJO DE MAÍZ			
NUMERO DE PROBETA	CARGA APLICADA (Kg)	RESISTENCIA Kg/cm2	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm2
1	43903	248.4	233.7
2	39353	222.7	
3	40661	230.1	

Fuente: Elaboración propia.

4.3.RESISTENCIA PROMEDIO DEL CONCRETO PATRÓN.

La tabla 4.14 muestra los valores que se obtuvieron en el ensayo de resistencia a la compresión, realizada a las probetas del concreto patrón a los 7, 14 y 28 días, aquí se puede observar que la resistencia del concreto patrón a los 7 días registró un valor de 191.7 Kg/cm², a los 14 días este valor se incrementó a 221.2 Kg/cm² y finalmente a los 28 días llegó a un valor máximo de 225.1 Kg/cm²; la evolución que se presentó en la resistencia a la compresión del concreto patrón se puede observar en la gráfica 4.1.

Tabla 4.14. Resistencia a la compresión del concreto patrón.

PROBETAS PATRÓN	
7 días	191.7 Kg/cm ²
14 días	221.2 Kg/cm ²
28 días	225.1 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

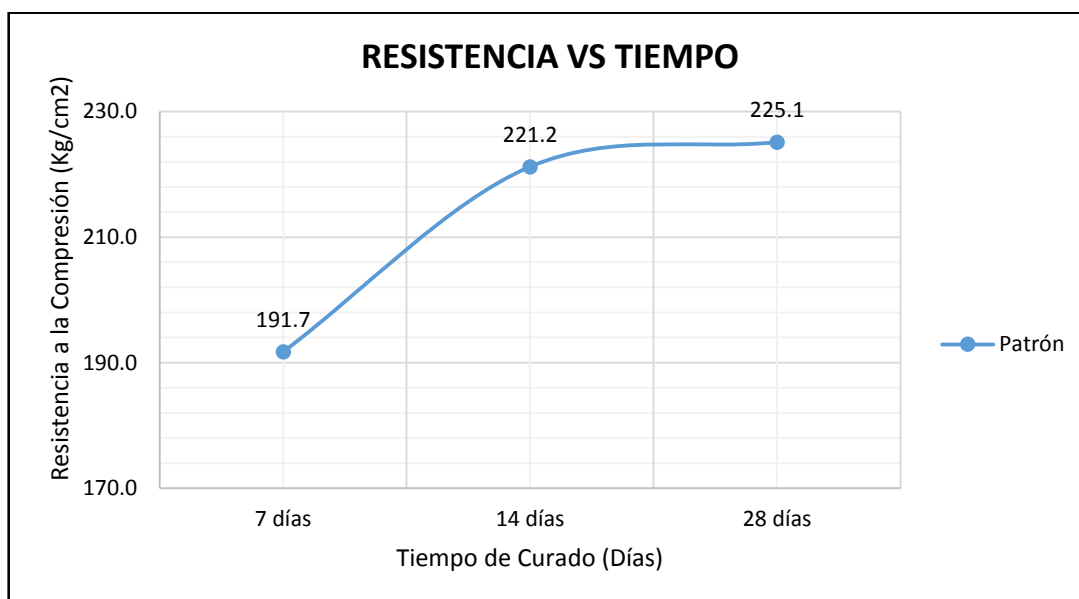


Gráfico 4.2. Curva de resistencia vs tiempo del concreto patrón.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. ANALISIS COMPARATIVO

4.4.1. Comparación de la resistencia a la compresión entre el concreto patrón y el concreto sustituido con 3.0 % de CRM.

Según la interpretación del gráfico 4.3 pudimos observar que la resistencia a los 7 días de las probetas con sustitución de CRM al 3.0% fue de 183.4 Kg/cm² un valor por debajo al obtenido para las probetas patrón el cual fue de 191.7 Kg/cm², sin embargo a los 14 días la resistencia de las probetas con sustitución de CRM al 3.0% fue de 228.6 Kg/cm² superior a la resistencia de las probetas patrón el cual fue de 221.2 Kg/cm², finalmente a los 28 días, las probetas sustituidas con cenizas presentaron un valor de 249 Kg/cm², el cual superó al valor de las probetas patrón correspondiente a 225.1 Kg/cm².

Tabla 4. 15 Resistencia promedio de las probetas patrón y de las probetas sustituidas al 3.0% de CRM.

EDAD	PROBETAS DE CONTROL	CON CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ AL 3.0%
7 días	191.7 Kg/cm ²	183.4 Kg/cm ²
14 días	221.2 Kg/cm ²	228.6 Kg/cm ²
28 días	225.1 Kg/cm ²	249.0 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 16. Resistencias promedio de las probetas patrón y de las probetas sustituidas al 5.0% de CRM.

EDAD	PROBETAS DE CONTROL	CON CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ AL 5.0%
7 días	191.7 Kg/cm ²	177.8 Kg/cm ²
14 días	221.2 Kg/cm ²	226.6 Kg/cm ²
28 días	225.1 Kg/cm ²	243.0 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

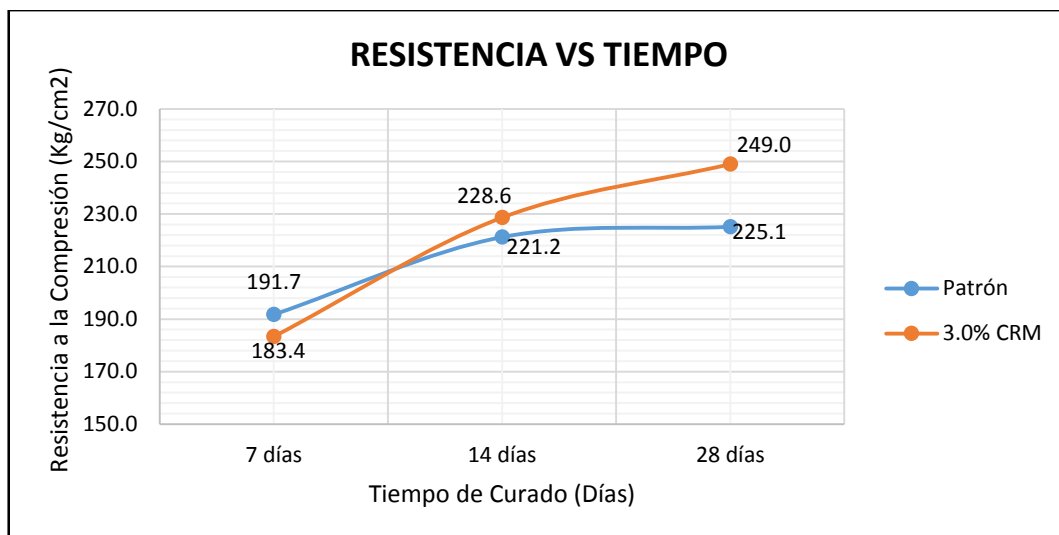


Gráfico 4.3. Comparación de la resistencia a la compresión entre el concreto patrón y el concreto sustituido al 3.0% de CRM.

Fuente: Elaboración propia.

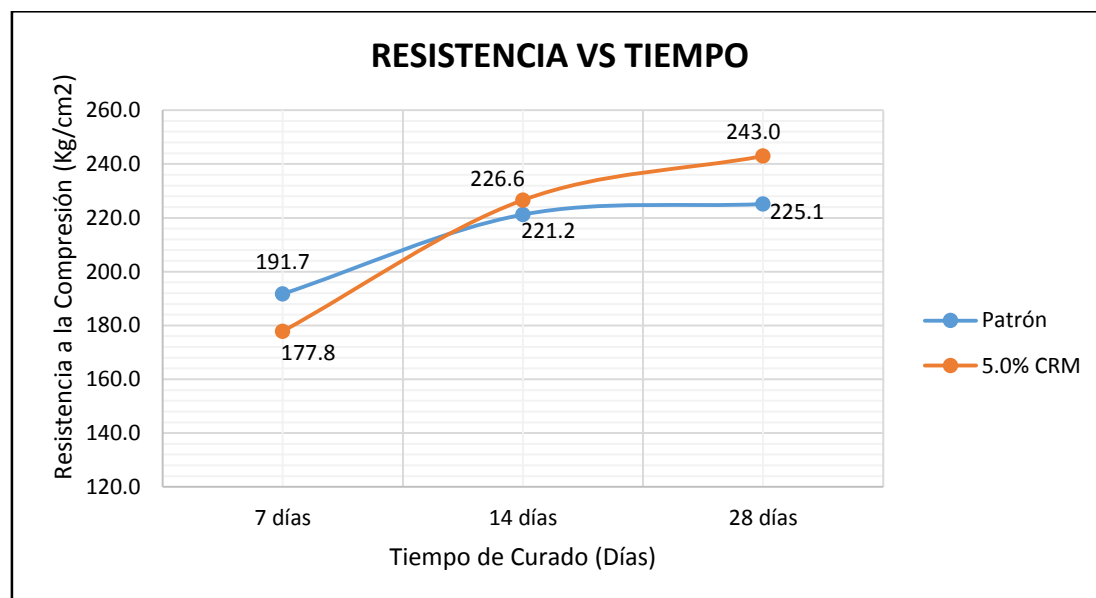


Gráfico 4. 4. Comparación de la resistencia a la compresión entre el concreto patrón y el concreto sustituido al 5.0% de CRM.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Comparación de la resistencia a la compresión entre el concreto patrón y el concreto sustituido con 5.0% de CRM

En la tabla 4.16 hacemos la comparación de la resistencia a la compresión entre las probetas patrón y las probetas sustituidas al 5.0% de CRM. Lo que se pudo observar es que a los 7 días la resistencia promedio de las probetas con sustitución del 5.0% de CRM fue de 177.8 kg/cm² valor inferior al obtenido para las probetas patrón; sin embargo a los 14 y 28 días se registraron resistencias de 226.6 kg/cm² y 243.0 kg/cm² respectivamente para las probetas sustituidas con cenizas, siendo estos valores mayores a los obtenidos para el concreto patrón.

4.4.3. Comparación de la resistencia a la compresión entre el concreto patrón y el concreto sustituido con 8.0% de CRM

En la tabla 4.17, podemos observar que la resistencia a los 7 días de iniciado el curado de las probetas sustituidas con CRM al 8.0% fue de 176 Kg/cm², mientras que a los 14 días este valor aumentó a 218.9 Kg/cm², comparando estos valores con los obtenidos para las probetas patrón, los primeros registraron menores valores. Finalmente, a los 28 días, las probetas sustituidas con cenizas obtuvieron una resistencia promedio final de 233.7 Kg/cm², superior a la resistencia del concreto patrón equivalente a 225.1 Kg/cm².

Tabla 4. 17. Resistencia promedio de las probetas patrón y de las probetas sustituidas al 8.0% de CRM.

EDAD	PROBETAS DE CONTROL	CON CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ AL 8.0%
7 días	191.7 Kg/cm ²	176.0 Kg/cm ²
14 días	221.2 Kg/cm ²	218.9 Kg/cm ²
28 días	225.1 Kg/cm ²	233.7 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

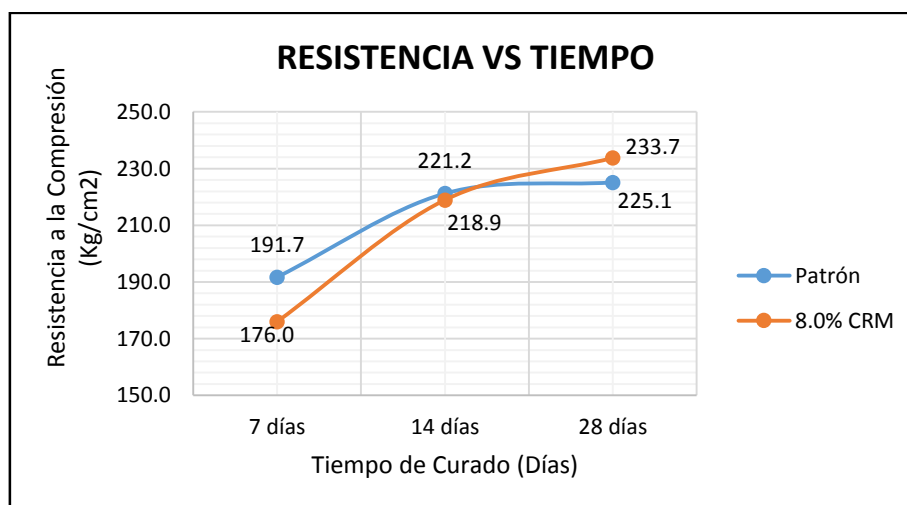


Gráfico 4.5. Comparación de la resistencia a la compresión entre el concreto patrón y el concreto sustituido al 8.0% de CRM.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Comparación general

Se puede apreciar que la resistencia a la compresión de los concretos sustituidos con cenizas de rastrojo de maíz, presentaron a los 7 días valores menores respecto a la resistencia a la compresión del concreto patrón, sin embargo a los 28 días los concretos sustituidos finalizaron con una resistencia mayor a la obtenida del concreto patrón.

Tabla 4.18. Resistencia a la compresión de las probetas patrón y de las probetas sustituidas al 3.0% 5.0% y 8.0% con CRM.

EDAD	PROBETAS DE CONTROL	CON CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ		
		3.0%	5.0%	8.0%
7 días	191.7	183.4	177.8	176.0
14 días	221.2	228.6	226.6	218.9
28 días	225.1	249.0	243.0	233.7

Fuente: Elaboración propia.

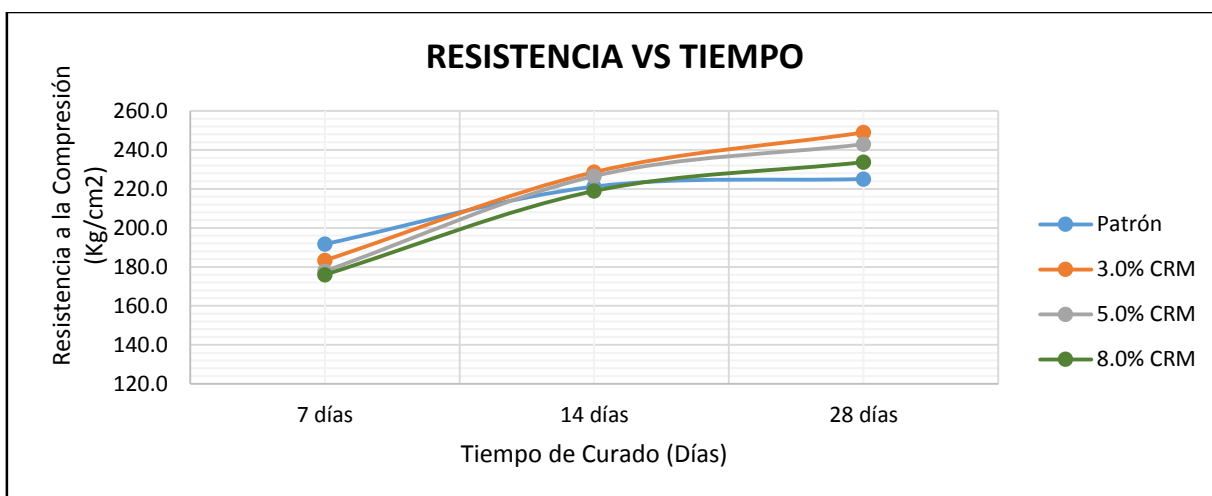


Gráfico 4.6. Comparativo general entre la resistencia a compresión del concreto patrón y los concretos sustituidos al 3.0%, 5.0% y 8.0% de CRM.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.DISCUSIÓN

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 4.18, podemos observar que:

- A los 7 días de iniciado el curado, la resistencia a la compresión de las probetas sustituidas con ceniza de rastrojo de maíz al 3.0%, 5.0% y 8.0% presentaron valores inferiores respecto a la resistencia a la compresión del concreto patrón.
- A los 14 días se observó que la resistencia a la compresión de las probetas sustituidas con ceniza de rastrojo de maíz al 3.0%, 5.0% presentaron valores superiores a las obtenidas para las probetas patrón, mientras que las probetas sustituidas con el 8.0% siguieron presentando valores ligeramente menor a la de las probetas patrón.
- A los 28 días las probetas sustituidas con cenizas de rastrojo de maíz mostraron en los tres porcentajes analizados valores superiores respecto al obtenido para las probetas patrón.

En los resultados obtenidos para el asentamiento (tabla 4.1) se pudo observar que las cenizas de rastrojo de maíz generan un menor asentamiento sobre la mezcla de concreto, es decir a mayor porcentaje de rastrojo de maíz incorporado a la mezcla menor fue el asentamiento, esto también se pudo determinar de manera indirecta debido a que a mayor ceniza sustituida la mezcla se hacía menos trabajable.

Para el diseño de mezclas del concreto patrón se consideró un Slump de 4" o 10 cm y si observamos en el gráfico 4.1 los asentamientos de las probetas patrón y las probetas con sustitución de 3.0% y 5.0% se encuentran dentro de los rangos establecidos por la ASTM-C143 en el cual se indica que concretos con asentamientos entre 2" y 7" presentan una buena o excelente trabajabilidad para concreto estructural. Sin embargo el asentamiento promedio que se determinó para las probetas con sustitución del 8.0% el cual fue de 1.2" no se encuentran dentro del rango que estipula un diseño de mezcla plástico, siendo de consistencia seca lo cual no permite una adecuada trabajabilidad en la mezcla.

CONCLUSIONES

1. La resistencia a la compresión del concreto aumentó con la sustitución de cenizas de rastrojo de maíz en los tres porcentajes estudiados, respecto a un concreto patrón $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, sin embargo el aumento que se generó, fue de manera inversamente proporcional a la cantidad de cenizas incorporadas, es decir a mayor porcentaje de cenizas se obtuvo menor resistencia.
2. Si bien se puede concluir que existe un aumento en la resistencia a la compresión para todos los porcentajes estudiados, este aumento no se dio de forma sustancial debido a que la máxima resistencia obtenida a los 28 días sólo llegó a un 111 % respecto al concreto patrón.
3. La utilización de cenizas en la mezcla de concreto alteró su consistencia. El asentamiento fue inversamente proporcional a la cantidad de cenizas incorporadas es decir a mayor cenizas la mezcla iba adquiriendo una consistencia más seca perjudicando su trabajabilidad, esto conllevaría a un aumento en la cantidad de agua y por consiguiente una baja resistencia a la compresión.
4. Teniendo en cuenta que para determinar el porcentaje óptimo de cenizas se consideró la resistencia a la compresión y el asentamiento, podemos diferir en base a los resultados obtenidos en nuestro trabajo de investigación que el porcentaje óptimo en la sustitución de ceniza de rastrojo de maíz respecto al peso del cemento para una mezcla de concreto es del 3.0% debido a que con este porcentaje se obtuvo la mayor resistencia y un asentamiento el cual se encuentra dentro de los rangos establecidos por la ASTM-C14.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios con porcentajes menores al 3.0% de ceniza de rastrojo de maíz (CRM) para determinar si existe un incremento sustancial en la resistencia a la compresión mayor al obtenido en el presente trabajo de investigación.
- Se recomienda realizar un estudio económico para determinar los costos que implicaría la elaboración de concretos sustituidos con cenizas de Rastrojo de Maíz en los porcentajes estudiados.
- Debido a que el proceso de obtención de las cenizas de rastrojo de maíz para nuestro trabajo de investigación se realizó de forma manual entonces es conveniente que durante esta operación se tomen todas las precauciones posibles de tal manera que el producto final quede libre de impurezas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Colombiana de Productores de Concreto - ASOCRETO. (2010). Tecnología de Concreto Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas. Bogotá: Nomos Impresores.

Association, S.-P. C. (1991). Fabricación de Concreto y Acabados. México: Editorial Limusa.

Benítez, V. (MAYO de 2015). Instituto de Ingeniería UNAM. Obtenido de Nuevas tendencias en tecnologías del concreto.

ASTM C33. (s.f). Standard Specification for concrete aggregates. USA.

Barriga, P. P. (2007). Concreto de Alto Desempeño. Lima.

Castillo, F. A. (s.f). TECNOLOGIA DEL CONCRETO - Teoría y problemas. Lima - Perú: San Marcos.

Carbajal, E. (1998). Tópicos de Tecnología de Concreto. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.

Cruz, A. E. (2008). Estudio de Morteros de Cemento Portland con Ceniza de Rastrojo de Maíz: Posibilidades de uso en Construcciones Rurales. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

E.060. (2018). NTP. E.060 Concreto Armado. Lima-Perú: Diario El Peruano.

LOPEZ, E. R. (2010). CONCRETO Materiales para el Concreto. Lima: Fondo Editorial ICG.

MAFLA, A. (9 de MAYO de 2009). Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción. MADRID: ISSN.

Neville, A. M. (2013). TECNOLOGIA DEL CONCRETO. Ciudad de México: imcyc.

NORM TECNICA PERUANA - NTP 400.017. (1999). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. Lima, Perú: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI.

NORMA TECNICA PERUANA - NTP 339.034. (2001). Ensayo de resistencia a la compresión. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI.

NORMA TECNICA PERUANA - NTP 339.035. (2001). Ensayo de asentamiento. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI.

NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.185. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.012. (2001). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI.

NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.021. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Lima, Perú: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI.

NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.022. (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima, Perú: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.037. (2014). AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima, Perú: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI.

Rivera, G. (s.f). CONCRETO SIMPLE. Lima.

Sánchez de Guzmán Diego. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. Bhandar editores, Bogotá.

Darwin Néstor Arapa Quispe. Tecnología del concreto. Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Ing. Ezequiel Campos Sánchez. Tecnología del concreto

Ruiz, S. 2015. Rastrojo de Cultivos y Residuos Forestales, Programa de Transferencia de Prácticas Alternativas al Uso del Fuego en la Región del Biobío. Boletín INIA N° 308, 196 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz General de Consistencia.

Título: Influencia de las cenizas de rastrojo de maíz sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$. PIURA-PERU.2019. Nombre de bachilleres : Daniel Cherre Seminario - Irvin Romafn Sandoval Vargas				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables/Indicadores	Metodología
General : ¿De qué manera influye la sustitución del cemento por cenizas de rastrojo de maíz (CRM) en determinados porcentajes sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$?	General : Determinar la influencia que tiene la sustitución del cemento por cenizas de rastrojo de maíz en porcentajes de 3%, 5% y 8% en la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$. Específicos : a) Determinar la resistencia a la compresión de las probetas de concreto patrón y de las sustituidas con cenizas de rastrojo de maíz al 3%, 5% y 8% a los 7, 14 y 28 días de iniciado el curado, respectando las dosificaciones establecidas. b) Determinar la consistencia mediante el ensayo del asentamiento para cada diseño de mezclas. c) Determinar qué porcentaje de cenizas de rastrojo de maíz de las tres dosificaciones definidas es el óptimo para que sustituya al cemento en la mezcla en los porcentajes indicados.	Hipótesis : Las cenizas de rastrojo de maíz mejoran la resistencia a la compresión axial y generan variaciones en la consistencia del concreto. Justificación : El presente trabajo de investigación se justifica en la necesidad de intentar obtener concretos de mejor calidad y desempeño, sustituyendo parte del cemento por cenizas de rastrojo de maíz finamente molida, pretendiendo que se generen mejoras tanto en su estado endurecido (resistencia a la compresión), como en su estado fresco (consistencia). Importancia : La importancia de esta investigación radica en que se pretende tener nuevas alternativas en el diseño de mezclas de concreto frente a las ya convencionales, que permitan mejorar la resistencia y durabilidad de las estructuras que puedan ser construidas con este material y a un menor costo posible, permitiendo resaltar la importancia de la utilización de las cenizas de rastrojo de maíz y a la vez disminuyendo la contaminación ambiental ya que en el Perú contamos con una gran cantidad de desechos agroindustriales de esta materia prima.	Unidad de Análisis: Variable Independiente: Cenizas de rastrojo de maíz Dimensiones: Porcentaje de Ceniza de Rastrojo de Maíz Indicadores: Peso en kilogramos con respecto al cemento Variable Dependiente: Resistencia a la compresión Dimensiones: Carga axial aplicada y área de sección. Indicadores: -Resistencia a la compresión a los 7 días. -Resistencia a la compresión a los 14 días. -Resistencia a la compresión a los 28 días. Variable Dependiente: Consistencia del concreto Dimensiones: Asentamiento Indicadores: -Consistencia seca Slump de 0" a 2" -Consistencia plástica Slump de 3" a 4" -Consistencia fluida Slump de ≥ 5 "	Enfoque: Cuantitativo. Diseño: Experimental. Nivel: Descriptivo. Tipo: Básica. Métodos: - Investigación Bibliográfica - Elaboración de hojas de cálculo para procesamiento de datos - Ejecución de ensayos en laboratorio - Trabajo de gabinete-procesamiento de la información. Técnicas e Instrumentos: De Muestreo: Simple. De Recolección de Datos: De laboratorio De Procesamiento de Datos: Hojas de cálculo De Análisis: Ficha de Reporte Población: 36 probetas de concreto Muestra: 36 probetas de concreto Procedimientos: -Investigación Bibliográfica - Ejecución de ensayos de laboratorio - Trabajo de gabinete-procesamiento de la información.

ANEXO 2 : Diseño de Mezclas - concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

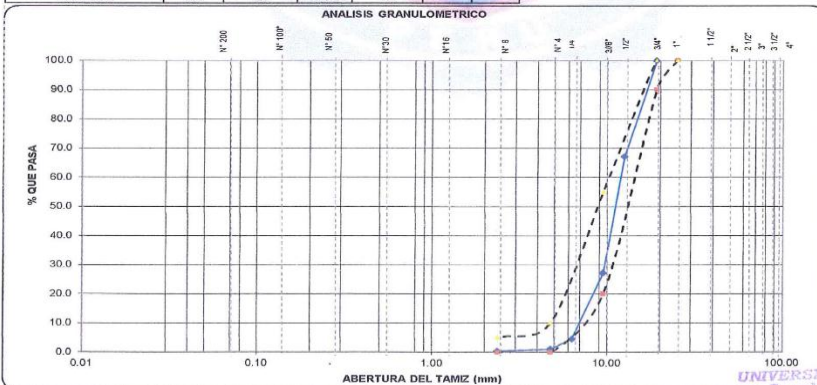
INFORME DE ENSAYO N°035-02-2019-LEM-FIC-UNP

PROYECTO	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO DE FC 210 KG/CM2	
SOLICITA	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN ROMAIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : MAYO DEL 2019

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)

CANTERA	:SOJO
MUESTRA	: M - 1
MATERIAL	:PIEDRA CHANCADA

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES MINIMO (%)	MAXIMO (%)	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	100							PESO INICIAL (gr) 6,012.00
3 1/2"	90							CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 0.10
3"	75							TAMANO MAXIMO (") 3/4
2 1/2"	63							TAMANO MAXIMO NOMINAL (") 1/2
2"	50							BOLLOS (Mayor 3") (%) 0.0
1 1/2"	37.5							GRAVA (Pasa 3", retiene N°4) (%) 99.0
1"	25.0					100	100	ARENA (Pasa N°4, retiene N°200) (%) 0.8
3/4"	19.0	0.0	0.0	0.0	100.0	90	100	PASANTE N° 200 (%) 0.3
1/2"	12.5	1976.0	32.9	32.9	67.1			OBSERVACIONES:
3/8"	9.5	2400.0	39.9	72.8	27.2	20	55	
1/4"	6.3	1365.0	22.7	95.5	4.5			
N° 4	4.75	209.0	3.5	99.0	1.0	0	10	
N° 8	2.36	42.1	0.7	99.7	0.3	0	5	
N° 16	1.18							
N° 30	0.600							
N° 50	0.300							
N° 100	0.150							
N° 200	0.075	4.2	0.1	99.7	0.3			
BANDEJA		15.7	0.3	100.0	0.0			



Observacion: material proporcionado por el solicitante

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil
Ing. Rosario Córdova Mgt.
Centro Productivo de Construcción y Consultoría

Campus Universitario Urb. Miraflores s/n Castilla – Piura – Facultad de Ingeniería Civil

Celular: #942517509



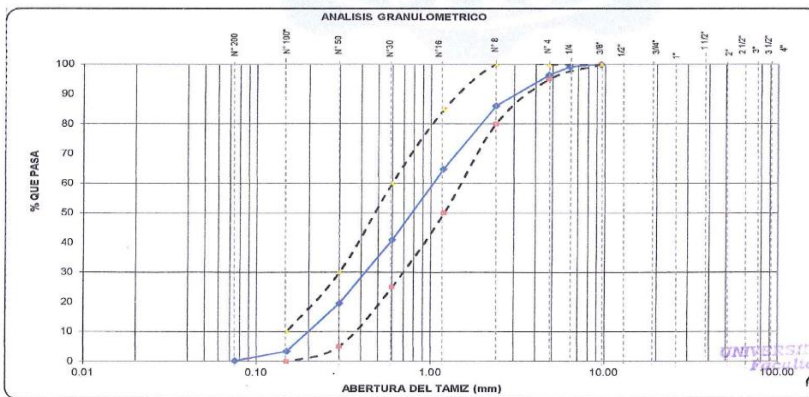
INFORME DE ENSAYO N°035-01-2019-LEM-FIC-UNP

PROYECTO	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO DE FC 210 KG/CM2	
SOLICITA	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN ROMAIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME: MAYO DEL 2019

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO
(NTP 400.012)

CANTERA	CERRO MOCHO
MUESTRA	M - 1
MATERIAL	ARENA GRUESA

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES MINIMO (%)	MAXIMO (%)	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	100							PESO INICIAL (gr) 250.00
3 1/2"	90							CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 0.2
3"	75							TAMARZO MAXIMO (") --
2 1/2"	63							GRAVA (Pasa 3", retiene N°4) (%) 3.5
2"	50							ARENA (Pasa N°4, retiene N°200) (%) 96.3
1 1/2"	37.5							PASANTE N° 200 (%) 0.2
1"	25.0							LIMITE LIQUIDO 0
3/4"	19.0							LIMITE PLASTICO 0
1/2"	12.5							INDICE DE PLASTICIDAD 0
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100	MODULO DE FINEZA 2.89
1/4"	6.3	1.89	0.8	0.8	99.2			OBSERVACIONES:
N° 4	4.75	6.89	2.8	3.5	96.5	95	100	
N° 8	2.36	25.90	10.4	13.9	86.1	80.0	100.0	
N° 16	1.18	53.45	21.4	35.3	64.7	50.0	85.0	
N° 30	0.600	59.54	23.8	59.1	40.9	25.0	60.0	
N° 50	0.300	53.43	21.4	80.4	19.6	5.0	30.0	
N° 100	0.150	40.31	16.1	96.6	3.4	0.0	10.0	
N° 200	0.075	8.03	3.2	99.8	0.2			
BANDEJA		0.56	0.2	100.0	0.0			



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil
Ing. Rosario Chancero Cordova Mgt.
Gerente General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría



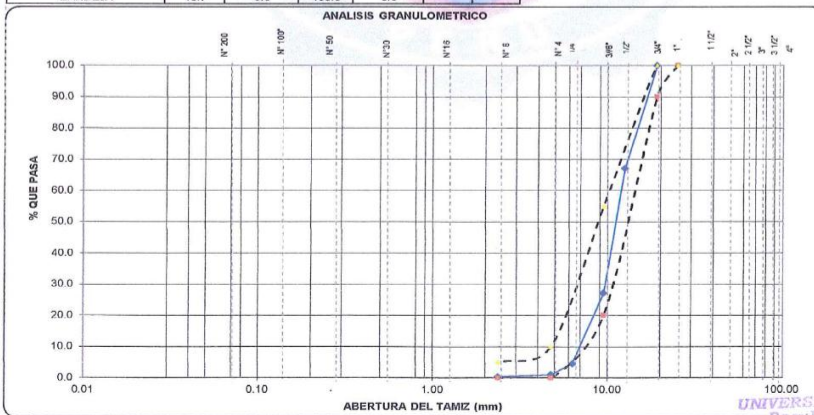
INFORME DE ENSAYO N°036-02-2019-LEM-FIC-UNP

PROYECTO	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO DE FC 210 KG/CM2	
SOLICITA	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN ROMAIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : MAYO DEL 2019

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO
(NTP 400.012)

CANTERA	:SOJO
MUESTRA	: M -1
MATERIAL	:PIEDRA CHANCADA

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	MINIMO (%)	MAXIMO (%)	
4"	100							PESO INICIAL (gr) 6,012.00
3 1/2"	90							CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 0.10
3"	75							TAMAÑO MAXIMO (") 3/4
2 1/2"	63							TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (") 1/2
2"	50							BOLLOS (Mayor 3") (%) 0.0
1 1/2"	37.5							GRAVA (Pasa 3", retiene N°4) (%) 99.0
1"	25.0					100	100	ARENA (Pasa N°4, retiene N°200) (%) 0.8
3/4"	19.0	0.0	0.0	0.0	100.0	90	100	PASANTE N° 200 (%) 0.3
1/2"	12.5	1976.0	32.9	32.9	67.1			OBSERVACIONES:
3/8"	9.5	2400.0	39.9	72.8	27.2	20	55	
1/4"	6.3	1365.0	22.7	95.5	4.5			
N° 4	4.75	209.0	3.5	99.0	1.0	0	10	
N° 8	2.36	42.1	0.7	99.7	0.3	0	5	
N° 16	1.18							
N° 30	0.600							
N° 50	0.300							
N° 100	0.150							
N° 200	0.075	4.2	0.1	99.7	0.3			
BADEJA		15.7	0.3	100.0	0.0			



Observacion: material proporcionado por el solicitante

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil
Ing. Rosario Chacón para Carlos Mgt.
Laboratorio de Ensayos de Materiales
Centro Productivo de Construcción y Consultoría

ANEXO 3 : Informe de rotura de probetas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 052-01-2019 - LEM - FIC - UNP

PROYECTO	TESIS INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO FC 210 KG/CM2	
SOLICITANTE	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : 14/05/2019

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CILINDRICAS DE CONCRETO (NTP 339.034)

N° PROBETA	IDENTIFICACION DEL ESPECIMEN	f'c (kg/cm2)*	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD ESPECIMEN (dias)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm 2)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg / cm 2)
1	PATRON	210	06/05/2019	13/05/2019	7	15.00	30.00	176.72	35321	200
2	PATRON	210	06/05/2019	13/05/2019	7	15.00	30.00	176.72	33574	190
3	PATRON	210	06/05/2019	13/05/2019	7	15.00	30.00	176.72	32744	185

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante

Defectos en el espécimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante

fecha de preparacion de probetas especificadas por el solicitante

los datos de identificación de la muestra y del proyecto han sido proporcionada por el solicitante, siendo responsabilidad de este la veracidad de los mismos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Rosario Chumbacero Córdova Mgt.
Gerente General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 052-02-2019 - LEM - FIC - UNP

PROYECTO	TESIS INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE PASTOJO DE MAIZ, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO FC 210 KG/CM2	
SOLICITANTE	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : 14/05/2019

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

Nº PROBETA	IDENTIFICACION DEL ESPECIMEN	f'c (kg/cm2)*	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD ESPECIMEN (dias)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm 2)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg / cm 2)
1	3% CENIZAS	210	06/05/2019	13/05/2019	7	15.00	30.00	176.72	35856	203
2	3% CENIZAS	210	06/05/2019	13/05/2019	7	15.00	30.00	176.72	29610	168
3	3% CENIZAS	210	06/05/2019	13/05/2019	7	15.00	30.00	176.72	31737	180

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante

Defectos en el especimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante
fecha de preparacion de probetas especificadas por el solicitante

los datos de Identificación de la muestra y del proyecto han sido proporcionada por el solicitante, siendo responsabilidad de este la veracidad de los mismos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Rosario Chacabarro Córdova Mgt.
Coordinadora General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 052-03-2019 - LEM - FIC - UNP

PROYECTO	TESIS INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO FC 210 KG/CM2	
SOLICITANTE	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : 21/05/2019

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

Nº PROBETA	IDENTIFICACION DEL ESPECIMEN	f'c (kg/cm2)*	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD ESPECIMEN (dias)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm 2)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg / cm 2)
1	PATRON	210	06/05/2019	20/05/2019	14	15.00	30.00	176.72	39997	226
2	PATRON	210	06/05/2019	20/05/2019	14	15.00	30.00	176.72	37392	212
3	PATRON	210	06/05/2019	20/05/2019	14	15.00	30.00	176.72	39883	226

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante

Defectos en el especimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante

fecha de preparacion de probetas especificadas por el solicitante

los datos de identificación de la muestra y del proyecto han sido proporcionada por el solicitante, siendo responsabilidad de este la veracidad de los mismos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil
Ing. Rosario Chiriquito Córdova Mgt.
Garante General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 052-04-2019 - LEM - FIC - UNP

PROYECTO	TESIS INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO FC 210 KG/CM2	
SOLICITANTE	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : 21/05/2019

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

Nº PROBETA	IDENTIFICACION DEL ESPECIMEN	f'c (kg/cm2)*	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD ESPECIMEN (dias)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm 2)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg / cm 2)
1	3% CENIZAS	210	06/05/2019	20/05/2019	14	15.00	30.00	176.72	39834	225
2	3% CENIZAS	210	06/05/2019	20/05/2019	14	15.00	30.00	176.72	40926	232
3	3% CENIZAS	210	06/05/2019	20/05/2019	14	15.00	30.00	176.72	40449	229

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante

Defectos en el especimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante
fecha de preparacion de probetas especificadas por el solicitante

los datos de identificación de la muestra y del proyecto han sido proporcionada por el solicitante, siendo responsabilidad de este la veracidad de los mismos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Rosario Chumbeiro Córdova Mgt.
Gerente General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 052-05-2019 - LEM - FIG - UNP

PROYECTO	TESIS INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO FC 210 KG/CM2	
SOLICITANTE	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : 04/06/2019

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

Nº PROBETA	IDENTIFICACION DEL ESPECIMEN	f'c (kg/cm2)*	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD ESPECIMEN (dias)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm 2)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg / cm 2)
1	PATRON	210	06/05/2019	03/06/2019	28	15.00	30.00	176.72	42515	241
2	PATRON	210	06/05/2019	03/06/2019	28	15.00	30.00	176.72	38717	219
3	PATRON	210	06/05/2019	03/06/2019	28	15.00	30.00	176.72	38116	216

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante

Defectos en el especimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante

fecha de preparacion de probetas especificadas por el solicitante

los datos de Identificacion de la muestra y del proyecto han sido proporcionada por el solicitante, siendo responsabilidad de este la veracidad de los mismos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Rosario Chacabarro Córdova Mgt.
Gerente General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 052-06-2019 - LEM - FIC - UNP

PROYECTO	TESIS INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO FC 210 KG/CM2	
SOLICITANTE	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : 04/06/2019

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

N° PROBETA	IDENTIFICACION DEL ESPECIMEN	f'c (kg/cm2)*	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD ESPECIMEN (dias)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm 2)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg / cm 2)
1	3% CENIZAS	210	06/05/2019	03/06/2019	28	15.00	30.00	176.72	46068	261
2	3% CENIZAS	210	06/05/2019	03/06/2019	28	15.00	30.00	176.72	42605	241
3	3% CENIZAS	210	06/05/2019	03/06/2019	28	15.00	30.00	176.72	43329	245

Observacion

Los muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante

Defectos en el espécimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante

fecha de preparacion de probetas especificadas por el solicitante

los datos de Identificación de la muestra y del proyecto han sido proporcionada por el solicitante, siendo responsabilidad de este la veracidad de los mismos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil
Ing. Rosario Chumacero Córdova Mgt.
Gerente General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 052-07-2019 - LEM - FIC - UNP

PROYECTO	TESIS INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO FC 210 KG/CM2	
SOLICITANTE	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : 21/05/2019

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

Nº PROBETA	IDENTIFICACION DEL ESPECIMEN	f'c (kg/cm2)*	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD ESPECIMEN (dias)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm 2)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg / cm 2)
1	5% CENIZAS	210	13/05/2019	20/05/2019	7	15.00	30.00	176.72	34872	197
2	5% CENIZAS	210	13/05/2019	20/05/2019	7	15.00	30.00	176.72	30111	170
3	5% CENIZAS	210	13/05/2019	20/05/2019	7	15.00	30.00	176.72	29299	166

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante

Defectos en el especimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante

fecha de preparacion de probetas especificadas por el solicitante

los datos de identificación de la muestra y del proyecto han sido proporcionada por el solicitante, siendo responsabilidad de este la veracidad de los mismos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Rosario Chumacero Cordova Mgt.
Cuenta General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 052-08-2019 - LEM - FIC - UNP

PROYECTO	TESIS INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO FC 210 KG/CM2	
SOLICITANTE	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : 21/05/2019

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

Nº PROBETA	IDENTIFICACION DEL ESPECIMEN	f'c (kg/cm2)*	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD ESPECIMEN (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm 2)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg / cm 2)
1	8% CENIZAS	210	13/05/2019	20/05/2019	7	15.00	30.00	176.72	29773	168
2	8% CENIZAS	210	13/05/2019	20/05/2019	7	15.00	30.00	176.72	33230	188
3	8% CENIZAS	210	13/05/2019	20/05/2019	7	15.00	30.00	176.72	30306	171

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante

Defectos en el especimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante

fecha de preparacion de probetas especificadas por el solicitante

los datos de identificacion de la muestra y del proyecto han sido proporcionada por el solicitante, siendo responsabilidad de este la veracidad de los mismos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil
Ing. Rosario Chumacero Córdova Mgt.
Directora General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 052-09-2019 - LEM - FIG - UNP

PROYECTO	TESIS INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO FC 210 KG/CM2	
SOLICITANTE	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : 28/05/2019

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

Nº PROBETA	IDENTIFICACION DEL ESPECIMEN	f'c (kg/cm2)*	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD ESPECIMEN (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm 2)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg / cm 2)
1	5% CENIZAS	210	13/05/2019	27/05/2019	14	15.00	30.00	176.72	40179	227
2	5% CENIZAS	210	13/05/2019	27/05/2019	14	15.00	30.00	176.72	39777	225
3	5% CENIZAS	210	13/05/2019	27/05/2019	14	15.00	30.00	176.72	40166	227

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante

Defectos en el espécimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante

fecha de preparacion de probetas especificadas por el solicitante

los datos de identificación de la muestra y del proyecto han sido proporcionada por el solicitante, siendo responsabilidad de este la veracidad de los mismos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Rosario Chumacero Córdova Mgt.
Gerente General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 052-10-2019 - LEM - FIC - UNP

PROYECTO	TESIS INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO FC 210 KG/CM2	
SOLICITANTE	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : 28/05/2019

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

Nº PROBETA	IDENTIFICACION DEL ESPECIMEN	f'c (kg/cm2)*	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD ESPECIMEN (dias)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm 2)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg / cm 2)
1	8% CENIZAS	210	13/05/2019	27/05/2019	14	15.00	30.00	176.72	37434	212
2	8% CENIZAS	210	13/05/2019	27/05/2019	14	15.00	30.00	176.72	37940	215
3	8% CENIZAS	210	13/05/2019	27/05/2019	14	15.00	30.00	176.72	40696	230

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante

Defectos en el especimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante

fecha de preparacion de probetas especificadas por el solicitante

los datos de Identificacion de la muestra y del proyecto han sido proporcionada por el solicitante, siendo responsabilidad de este la veracidad de los mismos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Rosario Chumacero Córdova Mgt.
Gerente General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 052-11-2019 - LEM - FIC - UNP

PROYECTO	TESIS INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO FC 210 KG/CM2	
SOLICITANTE	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : 11/06/2019

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

Nº PROBETA	IDENTIFICACIÓN DEL ESPECIMEN	f'_c (kg/cm ²)*	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD ESPECIMEN (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg / cm ²)
1	5% CENIZAS	210	13/05/2019	10/06/2019	28	15.00	30.00	176.72	45146	255
2	5% CENIZAS	210	13/05/2019	10/06/2019	28	15.00	30.00	176.72	40732	230
3	5% CENIZAS	210	13/05/2019	10/06/2019	28	15.00	30.00	176.72	42923	243

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante

Defectos en el espécimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'_c), especificada por el solicitante

fecha de preparación de probetas especificadas por el solicitante

los datos de identificación de la muestra y del proyecto han sido proporcionados por el solicitante, siendo responsable de este la veracidad de los mismos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Rosario Chumacero Córdova Mgt.
Gerente General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro Productivo de Construcción y Consultoría
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 052-12-2019 - LEM - FIC - UNP

PROYECTO	TESIS INFLUENCIA DE LAS CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y LA CONSISTENCIA EN UN CONCRETO FC 210 KG/CM2	
SOLICITANTE	DANIEL CHERRE SEMINARIO - IRWIN SANDOVAL VARGAS	FECHA DE INFORME : 11/06/2019

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

Nº PROBETA	IDENTIFICACION DEL ESPECIMEN	f'c (kg/cm2)*	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD ESPECIMEN (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm 2)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg / cm 2)
1	8% CENIZAS	210	13/05/2019	10/06/2019	28	15.00	30.00	176.72	43903	248
2	8% CENIZAS	210	13/05/2019	10/08/2019	28	15.00	30.00	176.72	39353	223
3	8% CENIZAS	210	13/05/2019	10/06/2019	28	15.00	30.00	176.72	40661	230

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante

Defectos en el especimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante

fecha de preparacion de probetas especificadas por el solicitante

los datos de identificación de la muestra y del proyecto han sido proporcionada por el solicitante, siendo responsabilidad de este la veracidad de los mismos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Rosario Chumacero Córdova Mgt.
Gerente General
Centro Productivo de Construcción y Consultoría

ANEXO 4 : Panel fotográfico.



Figura 3.1. Rastrojo de maíz en estado seco.
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.2. Horno Artesanal en el que se realizó el proceso de calcinación del rastrojo de maíz.
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.3. Resultado final del proceso de calcinación.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.4. Trituración manual de la ceniza.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.5. Tamizado del material por la malla N°50.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.6. Gradación del agregado grueso.
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.7. Peso unitario suelto seco (PUSS) del agregado grueso
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.8. Proceso de compactación para determinar el peso unitario compactado seco del agregado grueso (PUCS).
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.9. Peso de la tara más muestra húmeda - Agregado fino.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.10. Proceso para determinar si la muestra se encuentra en estado saturado superficialmente seco.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.11. Componentes a utilizar para el proceso de mezclado.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.12. Colocación de los componentes dentro de la mezcladora de concreto.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.13. Proceso de compactación por cada capa de concreto colocada.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.14. Probetas de concreto elaboradas.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.15. Proceso de chuzado durante el ensayo de asentamiento.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.16. Medición del asentamiento utilizando el cono de Abrams.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.17. Rotura de probetas en la prensa hidráulica.
Fuente: Elaboración propia.